



**RICARDO
MARINHO DE
CARVALHO**

SOLUÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÃO EM ADOBE A CUSTOS CONTROLADOS

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, realizada sob orientação científica do Doutor Humberto Varum, Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e Coorientação do Doutor Alexandre Bertini, Professor Adjunto II do Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará.

Para minha mãe, minha irmã Ticiane e para o meu pai, com saudades.

o júri

presidente

Prof. Doutor José Manuel Lopes da Silva Moreira
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof.Doutor Aníbal Guimarães da Costa
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof.Doutor Humberto Salazar Amorim Varum
Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro (Orientador)

Prof.Doutor Francisco Carvalho de Arruda Coelho
Professor Adjunto do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Estadual Vale do Acaraú - Ceará - Brasil

Prof.Doutor Alexandre Araújo Bertini
Professor Adjunto II do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará - Ceará - Brasil (Coorientador)

Prof.Doutor João Paulo Miranda Guedes
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor Jorge Tiago Queirós da Silva Pinto
Professor Auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

agradecimentos

Uma tese de doutorado, muitas vezes, se define por um ato quase solitário na maior parte do seu tempo, na execução de um texto e no seu caminho percorrido, nem sempre fácil até aqui. Essa tese é dedicada a todos aqueles que cruzaram esse caminho e o tornaram mais ameno e menos difícil de ser percorrido.

Ao professor Humberto Varum, meu orientador, pela dedicação e pela paciência ao longo desses últimos anos, na construção de um trabalho acadêmico que viesse ao encontro de nossos objetivos iniciais.

Ao meu amigo, professor Alexandre Bertini, companheiro de departamento, e coorientador desta tese, pelo irrestrito apoio desde o início dessa empreitada.

Ao Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio de sua chefia, na pessoa da professora Magnólia Mota, por minha liberação institucional.

Aos amigos, que compreenderam minhas limitações de tempo e de disponibilidade, ao longo dos últimos anos.

Mas, nessa tese, vai um agradecimento especial ao anônimo construtor popular, ao morador de cada pequeno vilarejo no nosso Sertão, visitado nesses quatro anos, e quase sete mil quilômetros rodados, que nos recebeu tão bem, a cada inquérito, a cada gole de cachaça na mercearia ou a cada copo d'água, nas longas conversas. Saibam, sobretudo, que essa tese é mais de vocês do que nossa.

palavras-chave

adobe, construção em terra, habitações sustentáveis, Ceará.

resumo

Dados recentes mostram que o desmatamento da caatinga, um dos principais biomas brasileiros, está atingindo níveis alarmantes, principalmente devido a sua vulnerabilidade e forte tendência à desertificação. Entre os dez municípios brasileiros que mais desmataram a caatinga, segundo o Ministério do Meio Ambiente, quatro se encontram no Ceará. Estudos mostram que entre as principais causas do desmatamento está o uso da mata nativa para lenha e carvão, sobretudo para a queima de tijolos em olarias clandestinas. Procurando estudar a questão da aplicabilidade de construções sustentáveis no Nordeste Brasileiro, o presente trabalho faz um levantamento detalhado sobre construções em terra crua (adobe) na região, em especial no Estado que mais contribuiu com o desmatamento. Em assim sendo, realizou-se uma extensa pesquisa aos acervos públicos e oito expedições rodoviárias, entre 2009 e 2011, e totalizando cerca de 7.000 km rodados, às regiões norte e nordeste do Estado do Ceará. Foram coletadas amostras de terra e de adobe para ensaios nos laboratórios da Universidade Federal do Ceará (UFC) e feita ampla documentação fotográfica com aplicação de questionários em 14 localidades. Foram levantados dados de vários aspectos relevantes para a pesquisa, quais sejam: composição da terra, granulometria, processos de secagem do adobe, resistência mecânica à compressão, além de aspectos ligados ao detalhamento do revestimento, traço de rebocos e detalhes de fundação. A análise dos dados coletados permitiu compreender a construção em adobe na região, no seu contexto cultural. Esta pesquisa pode ajudar na manutenção de um sistema construtivo ambiental, cultural e economicamente sustentável, através da busca por um caminho de reavaliação das possibilidades de adaptações técnicas à casa típica do semiárido cearense.

keywords

adobe, earth construction, sustainable construction, Ceará.

abstract

Recent data show that deforestation in the caatinga, one of the main Brazilian biomes, is reaching alarming levels, especially due to its vulnerability and strong tendency towards desertification. Four municipalities out of the ten that deforested caatinga the most are in Ceará, according to the Ministry of the Environment. Studies show that among the main causes of deforestation is the use of native land for firewood and coal, above all for burning bricks in illegal factories. Aiming to study the issue of applicability of sustainable constructions in Northeastern Brazil, this paper carries out a detailed survey of adobe construction works in the region, especially in the state that contributed the most to deforestation. Therefore, extensive research was conducted in public collections, in addition to eight road expeditions between 2009 and 2011, totaling approximately 7,000 kilometers across the north and northeast regions of the state of Ceará. Land and adobe samples were collected in order to perform assays in laboratories of the Federal University of Ceará; extensive photographic documentation was also undertaken and questionnaires were applied in fourteen municipalities. Data were gathered on several relevant aspects of this research, as follows: land composition; granulometry; drying processes of adobe; mechanical resistance to compression; and aspects pertaining to covering details, plaster traces and foundation details. The analysis of collected data allowed us to understand adobe construction in the region within its cultural context. This research may help maintain an environmentally, culturally and economically sustainable constructive system, through the search for a path to reassess possibilities for technical adaptations to typical houses in Ceará's semi-arid region.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BTC	Bloco de Terra Comprimido
BNH	Banco Nacional da Habitação
CEI	Centro de Estatística e Informação
CEF	Caixa Econômica Federal
COELCE	COMPANHIA ENERGÉTICA DO CEARÁ
ECO-92	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente
FJP	Fundação João Pinheiro
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LMS/UFC	Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal do Ceará
LMC/UFC	Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal do Ceará
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PIB	Produto Interno Bruto
PROTERRA	Rede Ibero-Americana PROTERRA
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
SBPE	Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimos
SFH	Sistema Financeiro da Habitação
UA	Universidade de Aveiro
UFC	Universidade Federal do Ceará
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO, OBJETIVOS, METODOLOGIA E ESTRUTURA DA TESE

1.1. Introdução e motivação	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia.....	3
1.4. Estrutura da tese	4

CAPÍTULO 2 - ASPECTOS GERAIS DA CONSTRUÇÃO EM TERRA

2.1. Introdução.....	5
2.2. Construções em terra	5
2.3. A construção em adobe: Fatos históricos	11
2.3.1. Aspectos históricos da construção em adobe – Panorama mundial	12
2.3.2. Aspectos históricos da construção em adobe – Panorama brasileiro	20
2.3.3. Aspectos construtivos.....	23
2.4. Questões habitacionais brasileiras.....	32
2.4.1. Déficit habitacional no Brasil.....	33
2.4.2. Habitação de interesse social.....	38
2.5. Sustentabilidade e habitação.....	39
2.5.1. Arquitetura bioclimática.....	42
2.5.2. Construções sustentáveis.....	43
2.6. Sistemas construtivos	45
2.7. Síntese do capítulo.....	48

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

3.1. Introdução	49
3.2. Consulta ao acervo do Instituto do Patrimônio Histórico Nacional.....	49
3.3. Consulta ao mapeamento dos tipos de solo existentes no Ceará	50
3.4. Viagem a campo para delimitação da área de estudo	51
3.5. Caracterização dos municípios visitados	51
3.5.1. Sobral	53
3.5.2. Alcântaras	55
3.5.3. Coreaú e Araquém	56
3.5.4. Granja.....	56
3.5.5. Ipueiras.....	56
3.5.6. Marco	57
3.5.7. Moraújo.....	58
3.5.8. Tianguá	58
3.5.9. Uruburetama	58
3.5.10. Viçosa do Ceará.....	59
3.6. Aplicações dos inquéritos <i>in loco</i> nos municípios selecionados.....	60
3.7. Levantamento fotográfico e coleta e análise de dados dos municípios - Detalhes construtivos das habitações	62
3.8. Ensaio realizados	64
3.9. Síntese do capítulo	70

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Introdução	71
4.2. Processo produtivo	73
4.2.1. Produção e aquisição dos blocos de adobe	73

4.2.2. Fôrmas utilizadas e processo de secagem	75
4.2.3. Mão de obra utilizada na construção	78
4.2.4. Dimensões e assentamento	80
4.3. Ensaio realizados	82
4.4. Tipologia das construções	84
4.4.1. Baldrame e madeiramento de cobertura	86
4.4.2. Tipos de vergas, instalações	90
4.4.3. Dimensão média das habitações e número de cômodos.....	93
4.5. Características sociais das famílias residentes nas construções de adobe	94
4.6. Análise dos dados e síntese do capítulo	96

CAPÍTULO 5 - PROPOSTA DE UMA SOLUÇÃO DE HABITAÇÃO EM ADOBE E SUAS VÁRIAS ETAPAS

5.1. Introdução	100
5.2. Discussão sobre o material didático consultado	100
5.3. Escolha da terra	102
5.3.1. Análise preliminar do solo	102
5.3.2. Amostragem da terra	102
5.3.3. Ensaio para verificação das propriedades do solo	103
5.3.4. Reconhecimento dos diferentes tipos de terra	104
5.4. Fabricação de adobes.....	113
5.4.1. Confeção das fôrmas	114
5.4.2. Amassamento da terra	115
5.4.3. Preparação e moldagem da terra	116
5.4.4. Moldagem dos blocos.....	117
5.4.5. Processo de secagem	118

5.5. Execução da fundação.....	119
5.6. Elevação das paredes	120
5.7. Esquadrias	122
5.8. Instalações hidráulicas e elétricas para habitação em adobe.....	123
5.9. Cobertas	124
5.10. Acabamentos	127
5.10.1.Reboco	127
5.10.2.Pintura à cal	129
5.11. Síntese do capítulo	130

CAPÍTULO 6 - ANÁLISE COMPARATIVA E DE CUSTOS ENTRE SOLUÇÃO HABITACIONAL DO INCRA E SISTEMA DE CONSTRUÇÃO EM ADOBE

6.1. Introdução	131
6.2. Locação, fundação, piso e outros	134
6.3. Fundações.....	135
6.3.1. Nivelamento e locação	135
6.3.2. Movimento de terra e preparo do terreno	135
6.3.3. Escavação.....	135
6.3.4. Aterro e reaterro	136
6.3.5. Fundações	136
6.3.6. Baldrame	136
6.3.7. Cinta de impermeabilização.....	137
6.4. Alvenaria	137
6.5. Cobertura.....	138
6.5.1. Estruturas de madeira.....	138

6.5.2. Telhamento em telha cerâmica.....	139
6.6. Esquadrias e ferragens.....	140
6.6.1. Esquadria de madeira	140
6.6.2. Ferragens	140
6.7. Revestimentos.....	141
6.7.1. Chapisco	141
6.7.2. Reboco.....	141
6.7.3. Revestimento cerâmico	141
6.8. Pintura.....	142
6.9. Pavimentação.....	143
6.10. Instalações hidrossanitárias	144
6.10.1.Instalações hidráulicas	144
6.10.2.Instalações sanitárias	144
6.11. Detalhamento das peças e equipamentos.....	145
6.11.1.Banheiro	145
6.11.2.Cozinha	145
6.11.3.Área de serviço.....	145
6.12. Instalações elétricas.....	146
6.13. Diversos.....	147
6.14. Síntese do capítulo.....	155

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1. Considerações finais 156

7.2. Desenvolvimentos futuros..... 157

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 158**ANEXOS 165****APÊNDICE A – MANUAL DE CONSTRUÇÕES EM ADOBE 166****APÊNDICE B – CURVAS GRANULOMÉTRICAS 200**

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 - ASPECTOS GERAIS DA CONSTRUÇÃO EM TERRA

Figura 2.1. Diversidade de técnicas construtivas em terra (Guillaud, adaptado por Faria, 2002)	6
Figura 2.2. Equipamento usado para a construção em taipa de pilão (Bardou, 1981).....	7
Figura 2.3. Variedades de taipais (Huben e Guillaud, 1994).....	8
Figura 2.4. Detalhe construtivo de estrutura de madeira de uma construção em taipa de mão (Bardou, 1981)	9
Figura 2.5. Alguns exemplos da variedade de BTC	10
Figura 2.6. Fabricação de BTC em prensas manuais (Neves, 2008)	11
Figura 2.7. Zigueirata de Nanna em Ur, Iraque (Correia, 2006)	13
Figura 2.8. Casa Grande, Estado do Arizona, EUA (Correia, 2006).....	15
Figura 2.9. Conjunto habitacional em Taos Pueblo – Novo México (Oliveira, 2003)	16
Figura 2.10. Construção em terra – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon).....	16
Figura 2.11. Construção em terra – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon).....	17
Figura 2.12. Detalhe construtivo de uma cobertura – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon).....	17
Figura 2.13. Mesquita Dar al Islam – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon).....	18
Figura 2.14. Interior da Mesquita Dar al Islam – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon)	18
Figura 2.15. Chan Chan: o maior complexo urbano em terra do mundo (Correia, 2006)	19
Figura 2.16. Detalhe construtivo em Chan Chan (acervo pessoal de Lucia Garzon)	19

Figura 2.17. Detalhe construtivo de parede em Chan Chan (acervo pessoal de Lucia Garzon)	20
Figura 2.18. Residência construída em adobe, no município de Tianguá-CE.....	22
Figura 2.19. Confecção dos blocos de adobe (Alexandria, 2006).....	23
Figura 2.20. Fôrma para produção de bloco de adobe.....	27
Figura 2.21. Secagem de blocos de adobe (Grupo de pesquisa HABIS,2004; Silva et al., 2006)	27
Figura 2.22. Detalhes da amarração das paredes em adobe (Grupo de pesquisa HABIS, 2004; Silva et al., 2006).....	31
Figura 2.23. Detalhes das instalações hidráulicas em construção de adobe (Grupo de pesquisa HABIS, 2004; Silva et al., 2006)	32
Figura 2.24. Déficit habitacional 2009, por Unidade da Federação (PNAD, 2009. Elaboração: FGV).....	36

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Figura 3.1. Sítios históricos no Ceará - Viçosa do Ceará, Sobral e Camocim	50
Figura 3.2. Mapa de solos do Ceará (IPECE, 2009)	51
Figura 3.3. Municípios visitados durante a pesquisa (IPECE,2009).....	52
Figura 3.4. Conjunto arquitetônico de Sobral	54
Figura 3.5. Área de Preservação do Patrimônio Histórico de Sobral (IPHAN, 2009).....	55
Figura 3.6. Casas construídas em adobe no município de Coreaú	56
Figura 3.7. Igreja em adobe no município de Ipueiras	57
Figura 3.8. Casa construída em adobe no município de Tianguá.....	58
Figura 3.9. Construção histórica em Viçosa do Ceará (IPHAN, 2009).....	59
Figura 3.10. Detalhes das construções em adobe no centro de Viçosa do Ceará	60
Figura 3.11. Paisagem de amostra do solo	64
Figura 3.12. Solo adicionado de hexametáfosfato de sódio	65

Figura 4.14. Baldrame em pedra tosca em Uruburetama	86
Figura 4.15. Baldrame em tijolo furado em Coreaú	87
Figura 4.16. Baldrame em pedra em Araquém	87
Figura 4.17. Utilização de madeira nativa em Viçosa do Ceará	88
Figura 4.18. Utilização de madeira nativa em Granja	88
Figura 4.19. Detalhe da inscrição na telha em Ipueiras de obra datada de 1901	89
Figura 4.20. Tipos de assentamento, reboco e baldrame utilizados por localidade visitada	89
Figura 4.21. Verga em madeira em construção atual	91
Figura 4.22. Verga em madeira em habitação de 1901	91
Figura 4.23. Verga em concreto	92
Figura 4.24. Tipos de verga, instalações hidráulicas, revestimento e pintura utilizada por localidade visitada	92
Figura 4.25. Dimensão da habitação, número de cômodos e número de moradores por habitação	95
Figura 4.26. Resumo das características produtivas e dimensão do adobe na região estudada	96
Figura 4.27. Resumo dos detalhes construtivos da habitação em adobe na região estudada	97
Figura 4.28. Resumo dos aspectos sócio-culturais e tipologia da habitação em adobe na região estudada	98

CAPÍTULO 5 - PROPOSTA DE UMA SOLUÇÃO DE HABITAÇÃO EM ADOBE E SUAS VÁRIAS ETAPAS

Figura 5.1. Camada de solo a ser desprezada (Oliveira, 2003)	102
Figura 5.2. Teste da queda da bola (Faria, 2002)	105
Figura 5.3. Teste da garrafa (Faria, 2002)	106
Figura 5.4. Diagrama de classificação dos solos por teste do vidro (Aid e Moran, 1984)	106
Figura 5.5. Diagramas indicativos de uso da terra por teste do vidro (Aid e Moran, 1984) ...	107

Figura 5.6. Teste do cordão: formação do cordão, até a quebra com 3mm de diâmetro, e ruptura da bola. Exemplo de uma terra argilosa (Neves, 2010).....	107
Figura 5.7. Teste da fita: formação do “charuto” e da fita, com uma terra argilosa (três imagens superiores), tentativa de formação do “charuto” com uma terra muito arenosa (imagem inferior) (Neves, 2010).....	108
Figura 5.8. Teste de exsudação: diferença entre uma terra argilosa (à esquerda) e uma terra arenosa (à direita) (Neves, 2010)	109
Figura 5.9. Teste de resistência seca. Abertura e corte de “massa”, pastilhas recém-cortadas; pastilhas secas (observando-se a diferença de retratação entre terra argilosa e arenosa), e tentativas de quebra das pastilhas entre os dedos (CEPED, 1984)...	111
Figura 5.10. Ficha de identificação de terra (adaptado de Faria, 2011).....	113
Figura 5.11. Esquema da sequência de várias fases de produção do adobe. (Faria, 2010).....	114
Figura 5.12. Fôrma para adobe: 40cm de comprimento x 20cm de largura x 7cm de altura .	115
Figura 5.13. Fôrma para 4 meios adobes: 20cm de comprimento x 20cm de largura x 7cm de altura	115
Figura 5.14. Amassamento com os pés (Oliveira, 2003)	116
Figura 5.15. Betoneira.....	116
Figura 5.16. Secagem dos blocos ao sol	118
Figura 5.17. Armazenamento (Silva, 2006).....	118
Figura 5.18. Fundação e baldrame em pedra	119
Figura 5.19. Fundação em bloco cerâmico	120
Figura 5.20. Paredes externas e suas conexões com as paredes internas.....	121
Figura 5.21. Elevação das paredes (Silva, 2006)	122
Figura 5.22. Instalações hidrossanitárias (Silva, 2006)	123
Figura 5.23. Instalações elétricas (Silva et al., 2006)	124
Figura 5.24. Esquema de cobertura convencional (Longsdon, 2002).....	125
Figura 5.25. Posicionamento da cobertura em relação aos ventos (Longston, 2002)	126

Figura 5.26. Cobertas em construção de adobe (Lopes, 2006).....	127
Figura 5.27.Peneiramento da terra (Neves e Faria, 2011).....	128
Figura 5.28.Mistura do reboco inicial de barro; aplicação do reboco à mão; e, aplicação com colher de pedreiro (Neves, 2011)	128
Figura 5.29.Umedecimento da base; aplicação da mistura com a colher de pedreiro; e, reboco final com a mistura de cal e areia aplicada com a desempenadeira (Neves e Faria, 2011)	129
Figura 5.30.Pintura à base de cal.....	130

CAPÍTULO 6 - ANÁLISE COMPARATIVA E DE CUSTOS ENTRE SOLUÇÃO HABITACIONAL DO INCRA E SISTEMA DE CONSTRUÇÃO EM ADOBE

Figura 6.1.Planta baixa - Casa INCRA.....	132
Figura 6.2.Fachada e corte AA - Casa INCRA	133
Figura 6.3.Corte BB - Casa INCRA.....	133
Figura 6.4.Coberta - Casa INCRA	134

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - ASPECTOS GERAIS DA CONSTRUÇÃO EM TERRA

Tabela 2.1. Classificação dos sistemas de construção em terra	6
Tabela 2.2. Déficit habitacional, 2009 (PNAD, 2009. Elaboração: FGV)	34
Tabela 2.3. Déficit habitacional 2009, por Unidade da Federação (PNAD, 2009. Elaboração:FGV).....	35
Tabela 2.4. Necessidades de investimento em habitação, 2007–2010 (FGV, 2006).....	38
Tabela 2.5. Síntese de características básicas da sustentabilidade (Silva, 2007).....	41

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Tabela 3.1. Caracterização dos municípios visitados na pesquisa (IBGE, 2007).....	53
---	----

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tabela 4.1. Inquéritos efetuados	71
Tabela 4.2. Aquisição e preço do adobe	73
Tabela 4.3. Tipos de secagem e fôrmas utilizadas por localidade	78
Tabela 4.4. Tipo de mão de obra utilizada na produção de adobes por localidade.....	79
Tabela 4.5. Dimensões de adobe e assentamento por localidade.....	81
Tabela 4.6. Caracterização granulométrica de solos na região em estudo.....	82
Tabela 4.7. Resultados dos ensaios de resistência mecânica por localidade, valores médios ..	84
Tabela 4.8. Tipos de baldrame/Madeiramento de cobertura por localidade	87
Tabela 4.9. Tipo de vergas, instalação hidráulica e revestimento por localidade.....	90
Tabela 4.10. Dimensão média das habitações e número de cômodos por localidade.....	94

Tabela 4.11. Número de moradores por habitação e idade média do construtor	95
--	----

CAPÍTULO 5 - PROPOSTA DE UMA SOLUÇÃO DE HABITAÇÃO EM ADOBE E SUAS VÁRIAS ETAPAS

Tabela 5.1. Identificação da terra por inspeção tátil-visual	104
Tabela 5.2. Avaliação do teste do cordão	108
Tabela 5.3. Avaliação do teste da fita.....	109
Tabela 5.4. Avaliação do teste da bola	110
Tabela 5.5. Avaliação do teste de resistência seca	111
Tabela 5.6. Tipo de solo e técnica construtiva indicada determinada por testes expeditos (CEPED, 1984)	112
Tabela 5.7. Dados para cálculo simplificado de telhados convencionais de madeira.	126

CAPÍTULO 6 - ANÁLISE COMPARATIVA E DE CUSTOS ENTRE SOLUÇÃO HABITACIONAL DO INCRA E SISTEMA DE CONSTRUÇÃO EM ADOBE

Tabela 6.1.Custo total da construção das casas de sistema tradicional, desenvolvida pelo INCRA	147
Tabela 6.2.Custo total da construção das casas de um sistema alternativo em adobe.....	151

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO, OBJETIVOS, METODOLOGIA E ESTRUTURA DATESE

1.1. INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

O bioma brasileiro Caatinga ocupa uma área de 826.411km², estando presente nos Estados da Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco, Paraíba, Maranhão, Alagoas, Sergipe, Rio Grande do Norte e Minas Gerais. Segundo um levantamento do Ministério do Meio Ambiente, em monitoramento do desmatamento neste bioma, realizado entre 2002 e 2008, a vegetação remanescente da área é de apenas 53,62% em relação à porção original (MMA, 2010). O estudo revela ainda que, no período monitorado, a área devastada corresponde a 16.576km², equivalente a 2% da área total, sendo que Bahia e Ceará, sozinhos, são responsáveis por um terço do total desmatado. Uma das principais causas do desmatamento, apontadas pelo estudo, é a utilização de lenha para olarias e fornos artesanais, principalmente para a confecção de tijolos para a construção civil.

A construção civil é uma das atividades que mais agredem o meio ambiente (Alexandria e Lopes, 2006). Entretanto, é uma atividade bastante incentivada pelas políticas públicas, tanto devido ao seu importante papel na geração de emprego e de renda, como também na diminuição do déficit habitacional no país. A Fundação João Pinheiro (FJP) (2006) estima que este déficit, somente no Estado do Ceará, corresponda a 414.155 habitações, das quais 98.000 localizam-se em zonas rurais.

A zona rural da região Nordeste do país, mais conhecida como “Sertão”, caracteriza-se pelo clima semiárido, com baixos índices pluviométricos, solos pobres, vegetação (caatinga) espaça e frágil e secas recorrentes.

Apesar de todos estes fatores adversos, caracteriza-se também pelo grande contingente populacional, pela pobreza, e pelo baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). É a região Semiárida mais populosa do mundo(Campos, 2002).

Tais características da região evidenciam a necessidade de alternativas construtivas ecologicamente sustentáveis, sob pena de o desmatamento crescente provocar uma intensificação do processo de desertificação já identificado em várias localidades.

Assim, a identificação de um sistema construtivo alternativo, que aliasse a adoção de técnicas sustentáveis e de baixo custo foi o enfoque deste estudo. Outra preocupação constante foi que esta técnica fosse culturalmente aceita pela população. Procurava-se um processo sustentável, com viabilidade técnica, social e cultural.

Posto isto, procedeu-se a pesquisas no acervo do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), detectando-se, no Estado do Ceará, três sítios históricos, com possibilidade de existência de antigas construções em terra crua, possivelmente em adobe, nas cidades de Viçosa do Ceará, Camocim, Sobral e seu entorno, abrangendo cerca de 30 municípios, nas regiões norte e nordeste do Estado, com população variando entre 7.000 e 180.000 habitantes (IBGE, 2007). Esses municípios apresentam, à exceção de Sobral, a terceira maior cidade do Estado, um dos menores IDHs do Ceará, mostrando o baixo índice de desenvolvimento humano nessa região (Fundação João Pinheiro, 2006).

A construção em terra crua, mesmo de modo mais amplo, nunca foi alvo de levantamento, nem de estudos mais detalhados no Estado do Ceará. Por ser visto como “subconstrução”, tais construções nunca foram identificadas quanto à tipologia arquitetônica e às suas técnicas construtivas. O levantamento desenvolvido pelo IPHAN apenas caracterizou as edificações pelos seus períodos históricos.

1.2. OBJETIVOS

Esse trabalho pretende analisar as construções populares em adobe na região norte do Estado do Ceará tomando, como ponto de partida, a grande possibilidade de construções em terra na região, possibilidade essa levantada pelo IPHAN no entorno dos centros documentados, e pela informação de construtores populares da região norte do Estado. Pretende-se identificar e caracterizar processos construtivos, técnicas e características particulares de cada núcleo estudado.

Para tanto, realizou-se uma exaustiva análise documental. Foi feita uma ampla catalogação de dados, de todo o processo construtivo, e seus aspectos socioculturais, mapeando município por município, gerando um amplo banco de dados sobre construção em adobe no Estado. Foi desenvolvido um comparativo de custos, e uma análise mais detalhada entre sistemas tradicionais de construção por órgãos de fomento à habitação como o INCRA e a CEF e uma unidade desenvolvida com sistema em adobe, com planilhas de detalhamento de itens e custos.

Buscou-se com isso a discussão de alternativas para um melhor processo construtivo em adobe, e sua análise como solução, de baixo impacto ambiental, para o déficit rural de habitações no Estado do Ceará.

Produziu-se ainda um manual de boas práticas de construção em adobe para o Ceará, com discussão da técnica, e que atende às necessidades de construtores populares em adobe, bem como da população das regiões, aonde o adobe se destaca como possibilidade construtiva real.

1.3. METODOLOGIA

Foi desenvolvida uma ampla consulta aos arquivos do IPHAN e a material bibliográfico existente, e uma pesquisa de campo nos vários municípios. A partir de material coletado nas pesquisas de campo, foi ensaiado todo o material selecionado nos laboratórios de mecânica dos solos e materiais de construção da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Estes dados foram mapeados, dando uma visualização mais ampla, sobre a caracterização dos vários itens consultados, através de entrevistas e questionários previamente selecionados, no desenvolvimento de um comparativo entre sistemas tradicionais e sistemas em adobe. Foram utilizados projetos atuais e executados na região, preferencialmente por órgãos de fomento à habitação.

No desenvolvimento de um manual de boas práticas de construção em adobe na região norte do Estado, foram utilizados como base manuais e cartilhas pré-existentes, de modo a adaptá-las a uma realidade local, bem como material científico, que pode através de linguagem apropriada, ser viabilizado, para uso comunitário nesta região.

1.4. ESTRUTURA DA TESE

A Tese de doutoramento foi organizada em sete capítulos. O presente capítulo trata do escopo do trabalho e discorre sobre a maneira como foi desenvolvido e organizado.

O Capítulo 2 apresenta a base conceitual, sobre construções em terra, suas subdivisões, a questão habitacional no Brasil, e os conceitos de sustentabilidade e habitação.

No Capítulo 3, temos a metodologia e as etapas investigativas do trabalho.

O Capítulo 4 é relativo aos resultados obtidos ao longo das várias etapas da pesquisa, bem como sua interpretação e a inter-relação entre os dados obtidos.

No Capítulo 5, discutem-se as boas práticas à execução da construção em adobe, com análise de tipologias de projetos arquitetônicos possíveis, e de um manual prático de auxílio construtivo.

O Capítulo 6 aborda um Projeto Padrão utilizado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), utilizado em assentamentos rurais do Estado do Ceará e um comparativo, dessa construção convencional com uma edificação nos mesmos padrões mas desenvolvida no sistema construtivo em adobe.

No Capítulo 7 apresentam-se as considerações finais e sugestões de linhas de estudo, para futuras pesquisas.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS GERAIS DA CONSTRUÇÃO EM TERRA

2.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo aborda as três bases fundamentais deste trabalho: as construções em terra (com ênfase no adobe), onde é feita uma análise dos aspectos históricos e culturais destas construções e cita-se os conceitos básicos dos principais sistemas construtivos em terra; as questões habitacionais brasileiras na atualidade, e por fim discorre-se sobre os conceitos de sustentabilidade e sua adequação ao processo habitacional.

2.2. CONSTRUÇÕES EM TERRA

As construções em terra foram utilizadas pela humanidade, desde o período Neolítico (Idade da Argila - de 14600 a 4500 a.C.), para construção de abrigos. Isto pode ser atribuído à sua abundância na natureza, sua excelente trabalhabilidade (quando misturada com água) e às suas propriedades de coesão e que podem garantir um adequado conforto acústico (Gomes, 2005).

As edificações em terra crua destacam-se, não apenas pelas múltiplas técnicas construtivas tradicionalmente usadas, mas por atravessarem um vasto período histórico, até os dias de hoje, conservando sua integridade e sua função como abrigo e moradia.

São várias as técnicas construtivas em terra crua usadas em todo o mundo, como por exemplo: taipa de pilão, taipa de mão (ou pau-a-pique), terra ensacada, adobe ou BTC (bloco de terra comprimida), sendo agrupadas de acordo com Guillaud (1989) como se apresenta no diagrama da Figura 2.1.

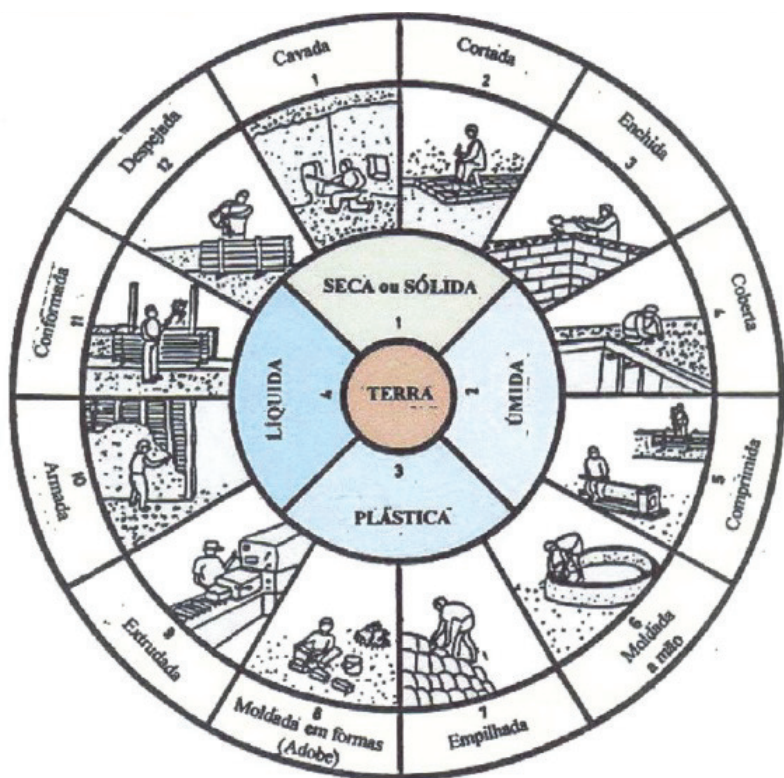


Figura 2.1. Diversidade de técnicas construtivas em terra (Guillaud, adaptado por Faria, 2002)

Guillaud (1989) classificou os sistemas de construção em terra em três grandes grupos (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Classificação dos sistemas de construção em terra

Monolítica portante	Alvenaria portante	Terra com estrutura de suporte
terra escavada	blocos apilados	terra de recobrimento
terra plástica	blocos prensados	terra sobre engradado
terra empilhada	blocos cortados	terra palha
terra modelada	torrões de terra	terra de enchimento
terra prensada – taipa	terraextrudida	terra de cobertura
	adobe mecânico	
	adobe manual	
	adobe moldado	

As técnicas mais difundidas no Brasil são taipa de pilão, taipa de mão (pau-a-pique), adobe e BTC, e são detalhadas no que se segue.

▪ Taipa de pilão

Técnica de construção na qual a terra é apiloada dentro de fôrmas de madeira (taipais), cuja estrutura utiliza dois tabuados laterais e móveis, nos quais a terra é socada a pilão (ou com os pés), para adquirir maior consistência. São feitas em camadas sucessivas, formando a parede, cuja espessura varia entre 50 e 90cm, podendo chegar, em construção de maior envergadura, a 1,50m (Figuras 2.2 e 2.3).

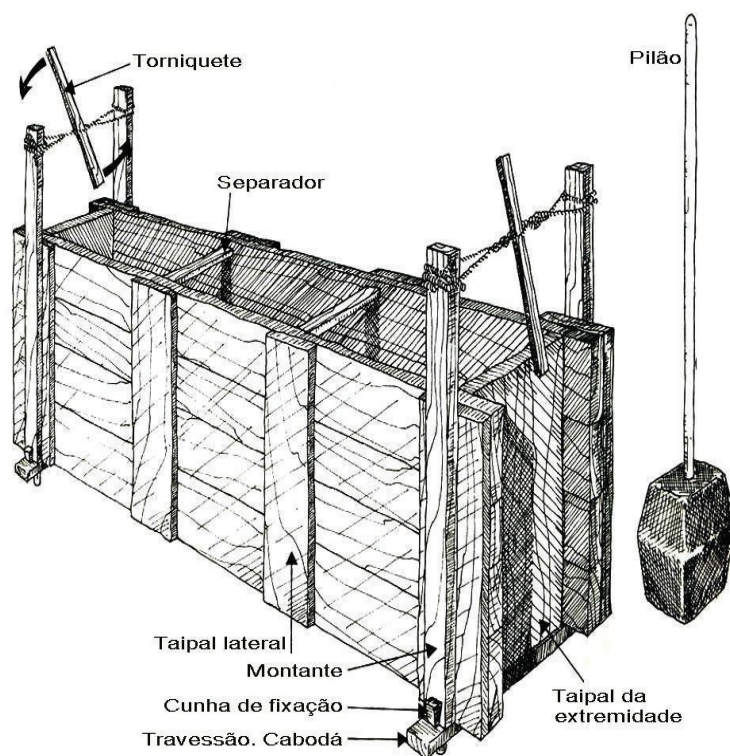


Figura 2.2. Equipamento usado para a construção em taipa de pilão (Bardou, 1981)

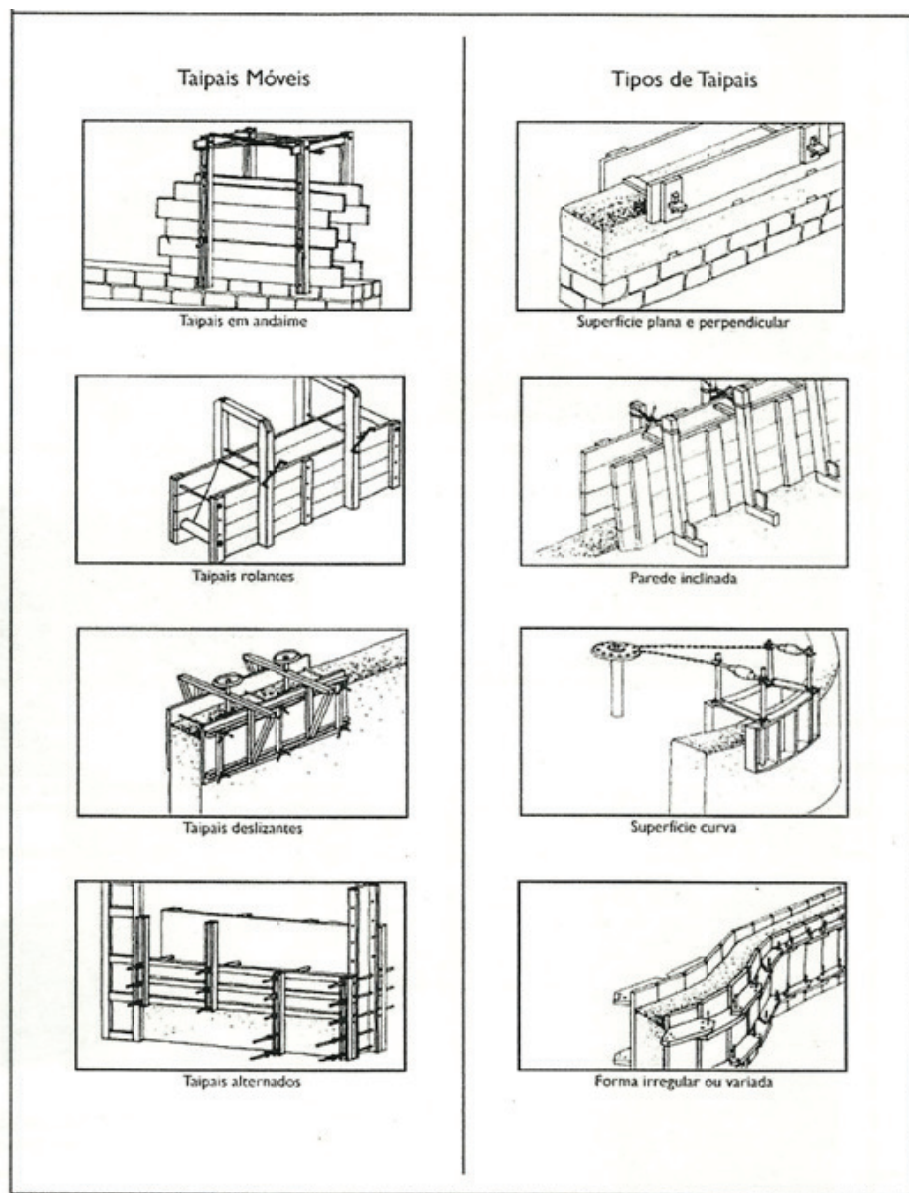


Figura 2.3. Variedades de taipais (Huben e Guillaud, 1994)

- **Taipa de mão (pau-a-pique)**

Técnica usada tanto para parede estrutural quanto para vedação em uma estrutura independente, comumente associada a outras técnicas construtivas. Usualmente, as paredes externas são construídas com adobe ou taipa de pilão, e as divisões internas e paredes do piso superior (quando existentes), com taipa de mão, devido à sua leveza, já que geralmente são paredes com 15cm de espessura. Tratando-se de uma trama de elementos horizontais e verticais geralmente estruturadas sobre um baldrame (elemento horizontal) e um esteio (elemento vertical). É nesta trama que a

mistura é lançada (solapada). O processo de consolidação da taipa de mão é lento e é exigida bastante energia para compactar bem a terra com o pilão. É mais indicada para climas quentes e secos com baixo índice de pluviosidade. É uma boa solução para edificações de porte pequeno e médio, pois utiliza material incombustível, isotérmico (dificultando as trocas térmicas entre o exterior e o interior do ambiente fazendo assim com que este seja quente no inverno e fresco no verão)A Figura 2.4 mostra o detalhe construtivo de uma taipa de mão.

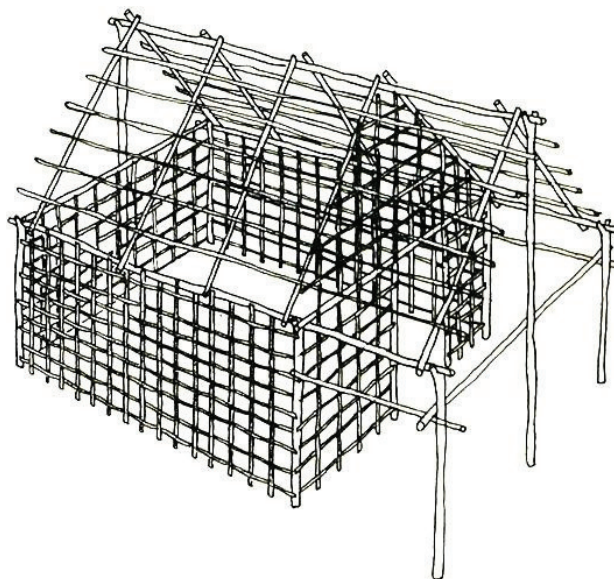


Figura2.4. Detalhe construtivo de estrutura de madeira de uma construção em taipa de mão (Bardou, 1981)

▪ Terra ensacada

Técnica que consiste em confeccionar grandes bisnagas de terra e colocá-las uma sobre a outra, formando paredes. Essas bisnagas são confeccionadas para a construção de suas unidades habitacionais, devido à praticidade e salubridade do material.

Experimentos utilizando esta técnica, denominada por alguns de super-adobe, foram realizados na Universidade de Kassel, na Alemanha, onde foi desenvolvido um sistema de confecção das bisnagas de terra, utilizando sacos plásticos tubulares, que as uniformizam, de modo que é possível obter-se um resultado de qualidade estética e resistência consideráveis(Minke, 2001).

- **Adobe**

Técnica da construção que consiste em confeccionar blocos de terra crua em fôrmas de madeira, e secá-los ao sol ou ao ar (na sombra); pode ser usada para a construção de paredes, e também para a construção de abóbadas ou cúpulas.

- **BTC – Bloco de Terra Comprimida**

Segundo Neves (2008), o bloco de terra comprimida (BTC) pode ser definido como um componente de alvenaria fabricado com terra (solo) adensada em molde, por compactação ou prensagem. A Figura 2.5 apresenta algumas variedades de BTC.

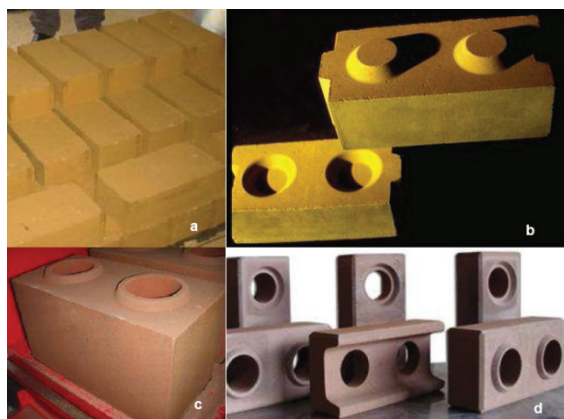


Figura 2.5. Alguns exemplos da variedade de BTC: a) Maciço de superfície lisa; b) Maciço com encaixes – “Bloco Mattone” (Mattone, 2007); c) Com furos; d) Com furos e encaixe (Neves, 2011)

Pode-se adicionar um aglomerante à terra, geralmente cimento e/ou cal, que propicia aumentos de resistência à compressão e à ação abrasiva de ventos, e melhora sua impermeabilização.

Os BTCs podem ser usados em qualquer tipo de construção substituindo os blocos cerâmicos convencionais, seja em alvenaria simples de vedação, ou alvenaria estrutural, desde que atendam às resistências estabelecidas no projeto. As paredes tanto podem ser aparentes (quando protegidas da chuva) como revestidas, podendo receber diversos tipos de pintura ou revestimento cerâmico. Os BTCs podem ser fabricados em prensas manuais (Figura 2.6). As características mais positivas na escolha do BTC advêm da sua fácil fabricação, excelente regularidade das dimensões e versatilidade do usada terra disponível em cada região.

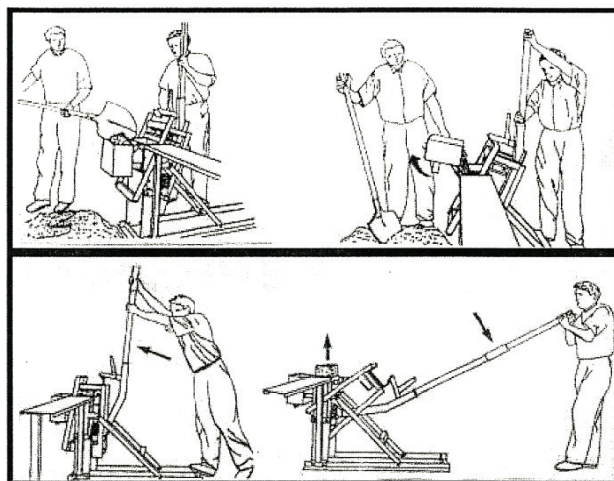


Figura 2.6. Fabricação de BTC em prensas manuais (Neves, 2008)

No Brasil, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou sete normas para tijolos e blocos de solo-cimento (BTC com adição de cimento), quais sejam:

- NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação;
- NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio;
- NBR 10832 – Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento;
- NBR 10833 – Fabricação de tijolo maciço de bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica. Procedimento;
- NBR 10834 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação;
- NBR 10835 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Forma e dimensões. Padronização;
- NBR 10836 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio.

2.3. A CONSTRUÇÃO EM ADOBE: FATOS HISTÓRICOS

Assim como os demais tipos de construções em terra, o adobe foi largamente utilizado ao longo da história no Brasil e no mundo, com características particulares, em cada região.

2.3.1. Aspectos históricos da construção em adobe – Panorama mundial

Encontram-se uma série de obras em terra espalhadas pelos vários continentes, de grande importância no estudo da construção em terra mundial. Boa parte dessas obras já se encontram em processo de deterioração avançado, ou foram adaptadas, ao longo dos séculos seguintes, alterando seu uso original. Correia (2006) descreve a universalidade e diversidade da arquitetura de terra e faz um apanhado sobre o acervo de construção em terra no mundo, citando vários pesquisadores e historiadores.

Por exemplo, nos países asiáticos, são encontradas diversas construções em adobe. Muitos destes países, ainda hoje têm estas edificações em uso. Correia (2006) afirma que, nas regiões próximas dos vales dos rios Tigre (Irã), Eufrates (Iraque), Nilo (Egito), Jordão (Israel/Palestina, Jordânia), Indo (Índia e Paquistão) e Huang (China), podem-se observar variadas construções em terra, das quais se discute o período construtivo.

A cidade de Jericó, situada em Israel e construída no Período Neolítico (possivelmente em 8000 a.C.), é considerada um dos aglomerados mais antigos da história. No seu povoado primitivo foi identificada a aplicação de adobes, datados de 6800 a.C., em cabanas com formatos circulares. Em 5500 a.C., as habitações já se apresentavam com plantas retangulares.

Com exceção das fundações em pedra, o restante da edificação era construído em adobe (Amiet, 1977). Com o passar de gerações, verificou-se um contínuo melhoramento em termos construtivos e de organização do espaço. Ainda em Jericó, as célebres muralhas construídas em adobe, permitiam fortificar e proteger a cidade de sucessivos ataques (Correia, 2006).

No sul da antiga Mesopotâmia (hoje parte do Iraque, estendendo-se até ao Golfo Pérsico), situavam-se as cidades da Babilônia, Uruk e Ur (3500-3000 a.C.). Em Uruk, cidade mais povoada da primeira urbanização mesopotâmica, destacam-se dois grandes templos, construídos unicamente em adobe, nos quais os administradores desenvolviam a escrita cuneiforme no registro de contas (Bahn, 2005).

Durante este período, surgiu o “zigurate”, plataforma alta de degraus múltiplos, arquitetura típica mesopotâmica (Bahn, 2005). Na cidade de Ur, destaca-se o grande Zigurate de Nanna, (2095 a.C.), originalmente construído em adobe e posteriormente revestido com tijolo cozido. O edifício desenvolvia-se em três plataformas e, na última, encontrava-se o santuário edificado em adobe (Figura 2.7).



Figura 2.7. Zigueate de Nanna em Ur, Iraque (Correia, 2006)

A cidade de TellHassuna, no atual Iraque, também foi construída em adobedurante o período Mesopotâmico, assim como Susa. É neste período que surgiram, por toda Mesopotâmia, as primeiras cidades-estado. Em escavações de sítios arqueológicos na cidade de Mari (2800 a.C.), atual Síria, descobriu-se que a cidade foi construída em adobe, assim como seu palácio. A cidade de Mureybet (2500 a.C.), por outro lado, foi levantada em terra prensada, o que leva a acreditar que deve ter sido utilizada a taipa, como técnica construtiva.

Ainda segundo Correia (2006), a cidade de Bam, situada no atual Irã, e destruída por um forte terremoto em 2003, o qual vitimou mais de vinte e cinco mil pessoas, foi construída originalmente há dois mil anos, em terra empilhada e em adobe. Ainda podem ser encontradas diversas construções com este tipo de material. Desde a década 1950, o Ministério da Cultura Iraniano se dedica à preservação da cidade de Bam.

Em Oman também existem diversas estruturas em terra, como a cidade fortificada de Bid-Bid. Outro exemplo é o palácio BirketMuz, que acabou por ser abandonado depois de sucessivos ataques aéreos (Warren, 1999).

No Paquistão, observa-se que na cidade de Mehrgarh existe uma antiga aldeia em ruínas, datada de 7000 a.C. que foi originalmente toda construída em adobe. Bahn (2005) afirma que “esta aldeia dá-nos a única pista das origens da agricultura no subcontinente indiano”. Destacam-se as grandes torres com altos muros feitos em adobe.

Em Bangladesh encontra-se o maior mosteiro budista do sul da Ásia, Paharpur, localizado a 40km da capital Mahasthan. Por não existir pedra na região, o mosteiro foi edificado entre os séculos VIII e IX d.C. inteiramente em adobe. Atualmente possui 22m de altura, mas calcula-se que chegou a ter 30m de altura (Scarre, 2000).

Na Turquia, na cidade de Çatalhöyük (6300-5400 a.C.), verificou-se que esta cidade foi construída em adobe, com uma área de aproximadamente 13 hectares e com cerca de 5.000 habitantes. Este sítio arqueológico foi descoberto em 1957 e escavado em 1961-1965, passando por novas escavações a partir de 1995 (Bahn, 2005).

No Iémen, a cidade de Shibam foi construída praticamente toda em adobe, com edificações que possuem 3 a 8 pisos e cerca de 30m de altura. As muralhas da cidade de Sanaa, construída no século XIII, apresentam paredes bastante altas, em adobe e em pedra (Bel, 1997).

No Turquistão foram identificadas diversas estruturas, com muros bastante elevados, em alvenaria de adobe. Na república do Uzbequistão, a cidade de Bokhara apresenta suas muralhas de terra profundamente afetadas pela erosão, sofrendo, em alguns casos, o colapso parcial (Warren, 1999). Os muros apresentam-se em adobe, sendo a proteção feita com reboco de terra na parte superior das muralhas, evitando assim a degradação mais acelerada.

A China também apresenta um variado patrimônio construído em terra, mas que continua desconhecido e pouco explorado quanto às questões históricas. Warren (1999) afirma ainda que, na parte ocidental do país, na cidade de Jia Ohe, encontra-se a estrutura remanescente de um monumento Budista. A parte inferior foi construída com terra local, pouco compactada. A parte superior encontra-se bem mais comprimida, e o topo foi feito em adobe. Estas diferenças fazem com que a base da estrutura se encontre bem mais erodida.

Uma das sete maravilhas do mundo moderno, a Grande Muralha da China (construída entre os séculos V-III a.C. e XV-XVII d.C.), foi construída em terra, mais especificamente em taipa, sendo em algumas das suas partes revestidas com pedras. Os primeiros muros foram construídos em terra, prensada entre taipais. A espessura da camada de taipa varia entre 0,03 e 0,20m. A existência de partes desta muralha datada de períodos anteriores a Era Cristã atesta a durabilidade e resistência dessa construção. No nordeste da China também sobrevivem partes da muralha em taipa. Pode-se destacar também as mais de 100 torres da região de Dunhuang, China, construídas em terra compactada ou em grandes adobes planos com dimensões de 38cm x 25cm x 9cm. As torres apresentam entre 17m e 25m de altura.

No Egito, o monumento chamado Ramasseum (datado do século I a.C.) foi construído em adobe e tinha a função de depósito de cereais, na época de Ramsés II. Segundo Correia (2006), ainda se pode observar nos adobes as impressões digitais dos adobeiros que os moldaram (Steele, 1997).

Em relação ao continente europeu, o período Neolítico deixou múltiplos indícios arqueológicos, nos quais se constata a utilização da terra na construção. No sul da Inglaterra, na região de Wiltshire, foram identificados alguns vestígios de uma elevação Neolítica.

Correia (2006) afirma que em Creta (1900-1600 a.C.) utilizava-se adobe e tabique na construção não monumental.

As civilizações gregas no mar Egeu e Thessalina, em particular, apresentavam na arquitetura doméstica do séc. VI a.C. estruturas de madeira com enchimento de adobe, tal como a técnica espanhola mista. E que no período romano, as muralhas de Adriano (Hadrian's Wall), na Inglaterra, diferenciam-se pela sua dimensão, que era de 48km. O muro original tinha provavelmente 3,6m de altura e era construído em turfa. Posteriormente, foi construído em pedra.

Inúmeras campanhas arqueológicas têm sido realizadas em toda a Europa Ocidental, onde se tem vindo a observar uma grande diversidade técnica na edificação com terra.

No continente americano encontram-se diversas edificações bastante antigas, construídas em adobe. Nos Estados Unidos, no Estado do Arizona, a edificação Casa Grande (Figura 2.8) distingue-se como um dos monumentos de terra mais visitados do sudoeste americano. Montezuma Castle, igualmente em terra, foi construído pelos Anasazi. Esta edificação foi construída em escarpas naturalmente escavadas, o qual permaneceu durante muitos séculos abandonado, tal como outros monumentos dos Anasazi. Ainda no mesmo Estado, a cultura nativa Honokan, que se desenvolveu entre 500-1100 d.C., utilizou o tabique.

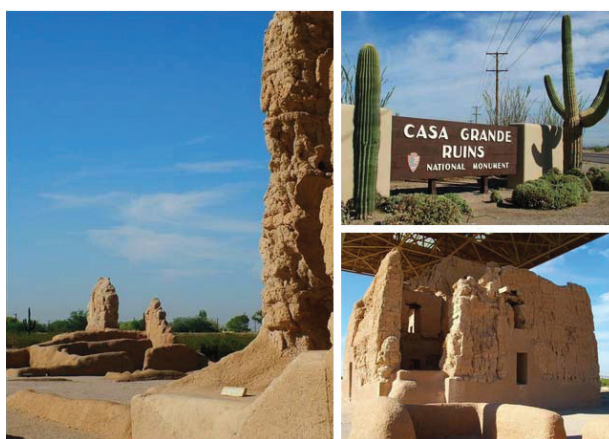


Figura 2.8. Casa Grande, Estado do Arizona, EUA (Correia, 2006)

O autor afirma ainda que, no Novo México (EUA), também se destacam as cidades Taos Pueblo (Figura 2.9) e Acoma City, ambas construídas em adobe e ainda habitadas na atualidade. As estruturas em adobe Fort Selden e Fort Union (séc. XIX) recebem inúmeros visitantes, assim como as missões (sécs. XVIII e XIX). As Figuras 2.10 a 2.12 apresentam construções em terra no Novo México.



Figura 2.9. Conjunto habitacional em Taos Pueblo – Novo México (Oliveira, 2003)



Figura 2.10. Construção em terra – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon)



Figura 2.11. Construção em terra – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon)



Figura 2.12. Detalhe construtivo de uma coberta– Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon)

Ainda no Novo México, perto da pequena cidade de Abiquiu, encontra-se a mesquita Dar alIslam, que abriga uma escola islâmica (“madrassa”), obra do renomado arquiteto egípcio Hassan Fathy. Construída com adobe, a mesquita evoca o patrimônio ameríndio do sudoeste americano e a arquitetura de vários edifícios construídos na África do Norte (Figuras 2.13 e 2.14).



Figura 2.13. Mesquita Dar al-Islam – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon)



Figura 2.14. Interior da Mesquita Dar al-Islam – Novo México (acervo pessoal de Lucia Garzon)

No México, podem-se destacar as Três Zapotas, La Venta, e Zapotecas (800 a.C.) construídas em terra, com coberturas.

Em El Salvador destaca-se a edificação Joya de Céren, patrimônio universal da humanidade. É um dos poucos sítios arqueológicos em terra localizados na América Central (Correia, 2006).

No Peru, entre 100 e 700 d.C., os Mochicas construíram em adobe numerosas pirâmides em degraus. As Huacas de Moche, situadas a 5km de Trujillo, no norte do país, eram os maiores monumentos do continente, em altura.

AHuaca Del Sol, sede administrativa, possuía em média 345m de comprimento e 160m de largura e onde teriam sido utilizados aproximadamente 143 milhões de adobes na sua construção. Enquanto que a Huaca de La Luna, para fins religiosos, foi edificada com 50 milhões de adobes. As escavações arqueológicas revelaram seis fases de construção, num

período que se estendeu por 600 anos, com adobes de formas e tamanhos distintos (Morales, 2004).

O maior complexo urbano em terra, em todo o mundo, encontra-se em Trujillo, no Peru. É composto por nove palácios, cuja construção foi iniciada aproximadamente em 900 d.C. Foi em 1350, que a edificação Chan Chan (Figura 2.15) atingiu o seu apogeu, tornando-se capital do Império de Chimú, tendo sido conquistada pelos Incas no séc. XV.

O Palácio de Tshudi é a cidade que se apresenta mais bem conservada e é a única que se encontra aberta ao público. A sua grandeza e escala impressionam qualquer visitante, apesar da ameaça de deterioração de todo complexo. As Figuras 2.16 e 2.17 trazem detalhes construtivos da cidade de Chan Chan.



Figura 2.15. Chan Chan: o maior complexo urbano em terra do mundo (Correia, 2006)



Figura 2.16. Detalhe construtivo em Chan Chan (acervo pessoal de Lucia Garzon)



Figura 2.17. Detalhe construtivo de parede em Chan Chan (acervo pessoal de Lucia Garzon)

2.3.2. Aspectos históricos da construção em adobe – Panorama brasileiro

As construções em terra crua chegaram ao Brasil trazidas pelos colonizadores europeus e, posteriormente, pelos africanos. Os índios não utilizavam esse material para a construção de suas moradias. Ao invés da terra e da pedra, materiais de origem mineral, utilizavam madeira e palha (Milanez, 1958). As casas indígenas possuíam dinâmica própria, ao contrário das casas europeias. Eram casas comunitárias onde dormiam várias famílias, que não possuíam divisórias internas e que durante o dia, as diferentes atividades aconteciam paralelamente dentro da casa, sem que uma impedisse a execução da outra.

Milanez afirma que, no entanto, a presença dos colonizadores europeus transformou radicalmente não somente o espaço doméstico, mas também o sentido de ocupação espacial dos índios, introduzindo aqui, entre outras, a noção de propriedade privada do solo. Como consequência, o sistema construtivo também sofreu transformação, porém de forma bilateral: pois tanto o sistema utilizado pelos índios, quanto o que foi trazido pelos colonizadores, sofreram mudanças e influenciaram-se mutuamente. Dessa forma, passou a ser denominada de “A primeira grande manifestação cultural mestiça do Brasil”, ou seja, a casa de taipa brasileira.

Dessa forma, apesar da pouca bibliografia em construção em terra no Brasil se conclui que a planta tradicional da casa de taipa europeia, retangular e com compartimentos, recebeu a influência da cultura indígena brasileira, passando a possuir menos divisões internas e a utilizar cobertura de palha, ao contrário dos modelos europeus.

Assim, essa mistura de padrões, que se iniciou no Brasil no período da colonização, obteve o reconhecimento, a partir de meados do séc. XVI, pois, até então, o que ocorreu foi apenas um impacto entre os costumes europeus e o ambiente da América.

Segundo Silva (2000), as técnicas mais utilizadas no Brasil eram então, a taipa de pilão e a taipa de mão (ou pau-a-pique). A taipa de pilão, como necessita de maior esforço e contingente de mão de obra, era utilizada somente em prédios públicos. Como essa técnica é mais sólida e resistente do que a taipa de mão, algumas dessas construções sobrevivem até hoje, estando ainda em utilização. A técnica do pau-a-pique era (e continua sendo até hoje) a técnica mais usada, principalmente pela população mais pobre do país.

A terra crua adotada desde o início da colonização, em todo o território brasileiro, permaneceu e se desenvolveu quando e onde seu uso foi possível, pelas condições do solo e do clima, configurando “em soluções de grande singeleza, funcionalidade e perfeita adaptação ao meio”, segundo Souza(1996).

Segundo Alexandria (2008), no Brasil o abandono das construções em terra crua foi gradual, iniciando-se no início do séc. XX principalmente nas grandes cidades e só depois atingindo a zona rural. Contudo em várias localidades ainda podem ser encontradas construções em terra crua especialmente em comunidades Quilombolas, oriundas de antigos escravos, e que no Brasil ainda somam 1 100 comunidades ativas.

O Estado do Ceará apresentou, em vários de seus períodos históricos, a utilização de sistemas construtivos em terra crua. Em sua própria história de ocupação urbana, encontram-se exemplos de taipa de mão e de sistemas construtivos em adobe. Através de levantamento histórico no Estado, verificou-se que essas construções foram trazidas pelos colonizadores portugueses principalmente entre os sécs. XVII e XVIII (Carvalho et al., 2008).

O Ceará, ao contrário de outras regiões do Brasil, teve um papel menor na política e na economia do Brasil colonial. A denominação de “estado pobre” indicou a ausência de sistemas construtivos como a taipa de pilão, que foi difundida prioritariamente em regiões mais ricas como Minas Gerais e São Paulo. Nota-se que as cidades do interior do Estado conservaram sistemas construtivos puros ao longo dos anos, quase sem intervenções de sistemas construtivos diferentes. Como exemplo, pode-se citar a cidade de Tianguá (Figura 2.18), localizadas na serra da Ibiapaba, onde o sistema construtivo em adobe foi mantido em várias unidades habitacionais recentes (Carvalho et al., 2008).



Figura 2.18. Residência construída em adobe, no município de Tianguá-CE

A construção com adobe é uma técnica tradicional de alvenaria, onde a principal matéria prima é a terra crua. O processo de fabricação do bloco de adobe consiste em amassar a terra, deixá-la descansar por alguns dias e, ainda úmida, colocá-la em fôrmas, normalmente, feitas de madeira e com formato retangular e, em seguida, deixa-se secar ao sol. Atualmente, o bloco também é feito com processo de secagem à sombra, ou a meia sombra (Oliveira, 2003).

O adobe pode ser caracterizando como um tipo de construção em terra crua, sendo seu processo de fabricação artesanal, sem que ocorra queima do material para a secagem dos blocos, e as matérias primas utilizadas na fabricação dos blocos são: a terra, a água e eventualmente fibras. O conceito de adobe pode ser apresentado de vários pontos de vista. Em Oliveira (2003) “o adobe como sistema de construção, se pode descrever como a superposição de blocos de terra misturado ou não com palha, secos ao sol, que se unem entre si com uma argamassa similar à sua constituição interna.” No entanto, este conceito está mais ligado aos tipos de processos construtivos. A Figura 2.19 mostra o processo de secagem dos adobes ao sol.

2.3.3. Aspectos construtivos



Figura 2.19. Confeção dos blocos de adobe (Alexandria, 2006)

a) Vantagens e desvantagens da construção em adobe

Segundo Minke (2001), pode-se citar como vantagens da construção em terra, relativamente a outros materiais de construção convencionais:

- As construções com terra crua economizam energia e diminuem a contaminação ambiental. As construções com terra praticamente não contaminam o ambiente, pois para prepará-las necessita-se de 1 a 2% da energia despendida com uma construção similar em concreto armado ou tijolos cozidos;
- A terra armazena calor: como outros materiais densos como as alvenarias de pedra, a terra armazena o calor durante sua exposição aos raios solares e perde-o lentamente quando a temperatura externa estiver baixa;
- A terra crua regula a umidade ambiental: a terra possui a capacidade de absorver e perder mais rapidamente a umidade que os demais materiais de construção;
- O processo é totalmente reciclável: as construções com terra podem ser demolidas e reaproveitadas múltiplas vezes. Basta fragmentar e voltar ao processo de preparo da massa de terra.

Segundo Faria (2002), esse material também apresenta vantagens como:

- Facilidade de produção, possibilitando uma rápida capacitação da mão de obra;

- Baixo custo de produção, aumentando as chances de acesso à população de baixa renda;
- Participação dos futuros moradores na produção do material da habitação, criando uma identificação das pessoas com a construção e melhorando sua autoestima.

Quanto às desvantagens da construção em terra, pode-se citar:

- É permeável: as construções com terra crua são permeáveis e estão mais suscetíveis às águas, sejam pluviais, do solo ou de instalações. Para sanar esse problema é necessária a proteção dos elementos construtivos, seja com detalhes arquitetônicos, seja com materiais e camadas impermeáveis;
- Não é um material de construção padronizado: sua composição depende das características geológicas e climáticas da região. Podem variar a composição, a resistência mecânica, as cores, as texturas e o seu comportamento. Para avaliar essas características são necessários ensaios que indicam as eventuais providências corretivas para corrigi-las com aditivos;
- Há retração: certos solos sofrem deformações significativas durante a secagem gerando fissuras e trincas.

Entretanto, a grande desvantagem da construção em terra é o preconceito existente por parte da população, uma vez que a ideia de pobreza em relação a habitações construídas utilizando esse sistema está presente desde a época da colonização:

As construções em terra crua sofrem forte rejeição por parte da população brasileira em geral, sendo que parte desta é baseada em conceitos e parte em preconceitos, ou seja, uma parte dessa rejeição é baseada em conceitos fundamentados; e outra parte é baseada em ideias infundadas, fruto do desconhecimento das pessoas a respeito destas técnicas construtivas, já que o próprio sistema de ensino das universidades está totalmente voltado para as técnicas industrializadas (Silva, 2000).

Segundo Faria (2002), a terra crua se insere como excelente material nos elementos construtivos no que diz respeito ao isolamento térmico/acústico e ao baixo, ou praticamente nulo, consumo de energia para a sua produção, ao contrário dos materiais de construção convencionais como por exemplo, o tijolo cerâmico:

O consumo de energia para a produção de materiais convencionais utilizado na construção civil é muito alto (Faria,2002). Para a produção de tijolos cerâmicos, por exemplo, o consumo de energia, além de ser muito alto, o processo de produção possui várias etapas até a moldagem, e, depois dessa etapa, ainda há mais outras três: a primeira constitui na secagem; a segunda, na primeira queima; e, a terceira, na requeima, depois, há ainda o resfriamento, sendo que em todas essas etapas se consome energia. Além do fator energia, há, também, a extração de matéria-prima (argila) para a sua produção, o que provoca grandes impactos ambientais e degradação da paisagem. Somando-se a isso, há a perda de mais de 10% dos tijolos produzidos por má queima e quebra durante o processo como um todo (Oliveira, 2005).

b) Tipo de solo

A terra é constituída por três tipos de partículas: areia, silte e argila. Faria (2002) afirma que a seleção da técnica em terra crua a ser utilizada depende da quantidade de cada uma dessas partículas no solo.

Para que se tenha melhor aproveitamento do solo, na produção do adobe, é necessário que se utilize a proporção de 70-80% de areia e 20-30% de argila (Motta et al., 2004). Alguns autores ainda afirmam que apesar da proporção entre areia e argila sugerida, na prática verifica-se que existem muitas divergências na dosagem do adobe. Corrêa (2006) diz que a proporção ideal para a produção de adobes é de 50% de areia, 30% de silte e 20% de argila.

O mesmo autor aponta uma mistura ideal com 20% de argila, 40 a 55% de areia e o resto de silte. Oliveira (2005) afirma que “o ideal para o uso da terra na construção das paredes é o solo conter quatro elementos: areia grossa, areia fina, silte e argila”.

Portanto, é necessário observar que ao utilizar-se a técnica de adobe é preciso se conhecer o tipo de solo da região, pois não é todo tipo de solo que é adequado à construção com blocos de adobe.

Neste sentido Oliveira (2005) diz que a melhor prática para determinar se o solo é adequado para construir-se com blocos de adobe é confeccionar alguns exemplares de blocos com o material local. Já Faria (2002) diz que, para se caracterizar o solo, os principais ensaios são:

- Ensaios de determinação do teor de umidade natural do solo e da massa específica aparente do solo em estado solto;
- Determinação da concentração de nutrientes e metais no solo;

- Determinação da distribuição granulométrica;
- Determinação do limite de liquidez e limite de plasticidade ou, ensaios de consistência;
- Determinação do limite de contração;
- Ensaio de absorção do azul de metileno.

Oliveira (2005) ressalta que é importante notar que a camada superficial do solo deve ser retirada (cerca de 30 a 40cm), pois a mesma contém muita matéria orgânica, tornando inadequado seu uso para construção. Esta camada inicial é denominada *solo*, enquanto que a camada imediatamente inferior a ela, portanto adequada para uso na construção, é denominada *deterra*.

c) Produção do adobe

Para a produção do bloco de adobe, Oliveira (2005) afirma que a terra deve ser peneirada e misturada com água até a obtenção de uma mistura plástica (barro). O barro é amassado por animais ou com os próprios pés dos trabalhadores, devendo ser deixado em descanso por dois dias (Silva, 2000). Passados os dois dias de descanso é preciso amassar novamente a mistura para então colocá-la em fôrmas, geralmente de madeira, a fim de dar a forma do bloco. Logo em seguida a fôrma é retirada e o bloco é colocado para secar, não devendo encostar-se a outro bloco.

Faria (2002) faz algumas recomendações para a produção dos blocos, como utilizar terra próxima ao local de trabalho, reservar uma área para a sua secagem, tentando proteger os blocos das intempéries, assim como medidas ergonômicas que visem a saúde do trabalhador.

As fôrmas utilizadas para a produção dos blocos de adobe são de tamanhos variados, existindo fôrmas com capacidade para produzir apenas uma unidade do bloco (Figura 2.20), bem como fôrmas com capacidade até 16 blocos. Oliveira (2005) diz que as fôrmas devem ser colocadas em terreno o mais nivelado possível, a fim de evitarem-se imperfeições nos blocos (Figura 2.21).



Figura 2.20. Fôrma para produção de bloco de adobe



Figura 2.21. Secagem de blocos de adobe (Grupo de pesquisa HABIS, 2004; Silva et al., 2006)

Guillaud (1989) classifica as etapas construtivas do adobe como se segue:

- **Produção**

A produção de blocos de adobe segue o modo mais simples de manufaturar materiais de construção. A história, a geografia e as técnicas de produção de adobe mostram um largo registro de variantes. Assim, os esquemas de produção apresentados em detalhe podem ser múltiplos e infinitos.

Os adobes podem ser produzidos a partir de uma terra no estado líquido ou de uma terra no estado plástico, com ou sem moldes de concepção muito diversos. O estado plástico permite ainda a produção por extrusão.

Terminado o procedimento de produção e contrariamente aos blocos de terra comprimida e taipa, o adobe é um produto maleável e frágil. A secagem de cada bloco individualmente é necessária, pelo que a área de produção terá de ser muito

vasta. Se existir a mecanização, em primeiro lugar existirá a extração seguida da mistura e da moldagem em último lugar.

- **Produtos**

As fôrmas possíveis para o adobe são múltiplas, mas o catálogo é bastante inferior ao dos blocos de terra comprimida. A técnica de produção de adobe impõe fôrmas maciças.

- **Períodos de produção**

Cada técnica, e cada região do mundo, avaliaram as características próprias da produção. A secagem dos adobes está dependente dos favores do clima, e da pressão maior ou menor que este oferece. Dessa forma a produção dos adobes cessa durante os períodos frios e chuvosos, assim como nos períodos extremos de calor. Muitos “telheiros” ou locais de fabricação de adobe eram instalados em terrenos nas margens de rios e exploravam o material depositado pelas cheias. Estas localizações eram, porém, pouco eficazes, visto que as cheias obrigavam à diminuição periódica da zona de secagem – a eira.

Os tipos de adobe, segundo Guillaudsão:

- **Adobes clássicos:** eles podem ser manufaturados à mão, sem molde, e forma variável, cônica ou cilíndrica, piriforme ou cúbica. Eles podem ser manufaturados em moldes de madeira ou mecanicamente; as fôrmas possíveis são agora prismáticas, cúbicas ou paralelepípedicas e as suas dimensões muito variáveis com comprimentos entre os 25 e os 60cm.
- **Adobes especiais:** eles podem ser empregues de uma forma clássica, extraordinária ou criados especialmente para uma determinada função. É o exemplo das grelhas para ventilação, dos adobes para a construção de cúpulas e abóbadas de forma a melhorar a aderência nas juntas, dos adobes de fecho ou dos decorativos.
- **Adobes parasísmicos:** devido à sua forma especial, eles podem ter um comportamento parassísmico. Outros devido à seu desenho adaptado, permitem a integração de sistemas estruturais parassísmicos nas alvenarias, do tipo estruturas verticais e cintagens horizontais.

Quanto à divisão na produção em adobe, esta pode ser classificada em:

- Pequena Escala;
- Grande Escala;
- Produção Mecânica.

De acordo com Guillaud, é possível produzir os adobes com ou sem molde. Observa-se ainda em várias partes do mundo modos de produção muito primitivos, com formatação manual. Os adobes assim produzidos não são muito regulares e os muros com eles construídos menos estáveis. É preferível empregar molde de forma prismática. A formatação ou moldagem manual exige uma terra pastosa, nem sólida nem mole.

Na produção em grande escala, as técnicas podem ser divididas em moldes múltiplos e adobes cortados:

- **Moldes múltiplos**

Estes podem ser moldes do tipo conjunto – que serão justapostos – ou de grandes moldes paralelepípedicos subdivididos. A terra deverá preencher todo o molde e ser mais líquida ao estado de pasta mole. Se não existir esta mudança de estado hídrico, a preparação ao menos deve ser idêntica. A terra é derramada sobre os moldes, em carrinho de mão com a ajuda de um Dumper, Buldozer ou mesmo diretamente da misturadora móvel, ou após transporte em caminhão.

A terra é nivelada com raspadeira que permite repartir igualmente o material nos moldes, em todos os cantos. Pode-se esperar algum tempo até à remoção dos moldes, no entanto o mesmo pode ser quase imediato. A operação recomeça, mas os grandes moldes devem ser previamente lavados, por imersão, aspersão ou sobre pressão. A limpeza dos moldes e a sua molhagem prévia são imperativos para garantir uma boa qualidade dos adobes. Os moldes são preferencialmente em madeira ou plástico, mais que em ferro, devido ao peso.

Eles devem ainda ser fáceis de manipular, por duas pessoas no máximo. A madeira deve ser dura e tratada para resistir à água, a fim de evitar deformações ou degradação da mesma. O rendimento obtido com este tipo de moldes vão de 8.000 a 10.000 adobes/dia, com equipes de 5 a 6 trabalhadores.

- **Adobes cortados**

É possível fabricar um adobe de grande dimensão – 4m² – com um molde de 4 pranchas de 2 metros. Com o emprego de uma pasta de terra mole. Este adobe enorme é posteriormente cortado em pequenos adobes, por serração com auxílio de um fio tenso sob um suporte de madeira, ou com uma prancha em serra numa das extremidades em todo o seu comprimento.

O rendimento é similar ao procedimento anterior dos moldes múltiplos, mas os adobes apresentam um melhor acabamento. A área de moldagem deve ser completamente plana.

Na produção mecanizada, podem ser utilizadas grelhas de moldes ou grelhas de discos:

- **Grelha de moldes**

Um molde metálico com compartimentos múltiplos é fixo sobre um chassis com rodas. O sistema de alavanca eleva o molde após o preenchimento com terra, ficando os adobes depositados sobre o solo. O molde sobre rodas é removido para uma área distinta, onde recomeça de novo a operação.

- **Grelha de discos**

O procedimento de cortar com fio pode ser automatizado e o fio ou serra podem ser substituídos por discos. Uma caixa/funil é colocada no topo de uma grelha retangular rolante, preenchendo uma área contínua com pasta de terra mole, que irá ser cortada por um sistema de discos móveis nos dois sentidos, longitudinal e transversal. Os rendimentos são elevados, na ordem dos 15.000 adobes/dia, para um investimento de baixo custo. A área de produção terá de ser completamente plana e devidamente preparada.

d) Dimensões do adobe

O bloco de adobe apresenta formas e dimensões diversas, variando dependendo da região. Correia et al. (2006) afirma que em Benin na África as dimensões usadas são 29cm x 9cm x 9cm. Varum afirma que as medidas mais utilizadas em Aveirosão as de 45cm x 25cm e 35cm x 12cm. Oliveira (2005) afirma que a medida mais utilizada no Brasil é a de 40cm x 20cm x 10cm. Contudo, na região de Tiradentes, MG, as dimensões mais comuns

são 25cm x 12cm x 10cm e que Silva (2007) relata dimensões de 28cm x 14cm x 10cm em Pirituba, São Paulo, segundo Motta et al. (2004).

e) Processo construtivo em adobe

O primeiro passo é decidir qual a melhor opção para as fundações. Geralmente, são feitas com sapatas corridas de alvenaria de pedra em toda a extensão da parede ou de concreto ciclópico, executada com pedras de mão (Oliveira, 2005). Faria (2002) afirma que a ligação entre a sapata corrida da fundação e a alvenaria pode ser feita apoiando-se diretamente a parede de adobe sobre a fundação.

A massa utilizada na confecção do adobe é a mesma usada para assentar os blocos. Segundo Silva (2000), as juntas entre os blocos não devem ter espessura maior que 2 cm, sendo necessário atentar para a “amarração” da parede, ou seja, o trespasse de metade de um bloco em relação ao outro (Figura 2.22). O autor ainda diz que devem ser confeccionadas vergas de madeira sobre as portas e janelas da casa.



Figura 2.22. Detalhes da amarração das paredes em adobe (Grupo de pesquisa HABIS, 2004; Silva et al., 2006)

Silva et al. (2006) dizem que as instalações hidráulicas podem ser executadas fazendo-se rasgos para as passagens com o uso de talhadeira e martelo, sendo depois preenchidos com argamassa de areia e cal (Figura 2.23).



Figura 2.23. Detalhes das instalações hidráulicas em construção de adobe (Grupo de pesquisa HABIS, 2004; Silva et al., 2006)

Silva (2000) lista algumas recomendações para as construções em adobe:

- Deve-se construir sempre em terreno plano, ligeiramente elevado. Não se deve construir em ladeiras muito íngremes, nem em zonas alagadiças;
- Deve-se manter uma distância mínima de 1m entre portas e janelas e também para as quinas da casa;
- A planta baixa da casa deve ter um formato o mais próximo possível do quadrado, para garantir melhor comportamento da construção;
- Deve-se proteger contra as chuvas utilizando telhados com beirais largos.

2.4. QUESTÕES HABITACIONAIS BRASILEIRAS

Nas últimas décadas o Brasil tem passado por grandes transformações, que o tornou um país predominantemente urbano. Neste período, grande parte da população que vivia em áreas rurais migrou para os centros urbanos. Essa mudança não foi acompanhada por mudanças econômicas e de desenvolvimento social compatíveis, criando grande demanda por habitações nas áreas urbanas e periferias que receberam essa nova fatia da população.

Nos últimos três anos houve um acréscimo da oferta de crédito imobiliário para diversas camadas da população, especialmente as camadas de baixa renda, mas mesmo com esse crescimento, pesquisas revelaram que a carência de moradias existente ainda é uma das questões sociais mais graves do país, e continua sem ser plenamente atendida em programas existentes.

2.4.1. Déficit habitacional no Brasil

A Fundação João Pinheiro (FJP), através do Centro de Estatística e Informações (CEI), em parceria com o Ministério das Cidades, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento(PNUD), desenvolve estudos a respeito do setor habitacional desde 1995. Dentro do conceito mais amplo das necessidades habitacionais, identifica duas vertentes de análise: o déficit habitacional e a inadequação dos domicílios. O conceito de moradias inadequadas reflete os problemas na qualidade de vida dos moradores não relacionados ao dimensionamento do estoque de habitação e sim às especificidades internas de um estoque dado (FJP, 2005).

Segundo a FJP,o déficit habitacional brasileiro foi estimado em 7,903 milhões de novas moradias em 2005, com incidência notadamente urbana, correspondendo a 81,2% do montante brasileiro (6,414 milhões). A região Sudeste lidera este déficit como revela a pesquisa com a necessidade de 2,899 milhões vindo a seguir a região Nordeste com a carência de 2,743 milhões de unidades habitacionais.

Em termos absolutos, a região Nordeste necessita de um acréscimo de 20,6% no estoque de domicílios existentes para que o problema do déficit habitacional seja resolvido. Essa região por ter condições socioeconômicas desfavoráveis, demonstra uma necessidade de equacionamento habitacional crítica, pois necessita de um alto investimento para a solução desse problema que afeta grande parte de sua população.

A partir de 2009 a FGV muda o conceito de mensurar esse déficit instituindo o conceito de inadequação, referente a domicílios improvisados como moradias em favelas e cortiços. E o conceito de coabitação, recente ao número de famílias conviventes, mas com interesse de constituir domicílio próprio.

Assim por essa nova metodologia, o déficit habitacional brasileiro passa a 5,8 milhões de famílias o que representa 9,3% do total de famílias do Brasil. Ver tabela 2.2.

Tabela 2.2. Déficit habitacional, 2009(PNAD, 2009. Elaboração: FGV)

Ano	Inadequação	Famílias conviventes (com intenção de se mudar)	Déficit (nova metodologia)	Famílias vivendo em aglomerado subnormal
2009	3.531.089	2.277.458	5.808.547	2.209.765
2008	3.780.113	2.019.746	5.799.859	2.217.378
2007	3.730.220	2.264.553	5.994.773	2.128.073
2006	3.843.911	n.d.	n.d.	2.181.419
2005	3.851.484	n.d.	n.d.	2.153.214
2004	3.931.061	n.d.	n.d.	2.090.825
2003	3.679.779	n.d.	n.d.	2.049.729
2002	3.631.591	n.d.	n.d.	1.963.551
2001	3.776.286	n.d.	n.d.	1.925.555

Outro dado que parece de relevância seria como se dá a distribuição desse déficit, por regiões e estados levando em conta os critérios de inadequação e coabitação.

Tabela 2.3. Déficit habitacional 2009, por Unidade da Federação (PNAD, 2009. Elaboração:FGV)

Unidade da Federação	Inadequação	Coabitação	Déficit habitacional	
		Com intenção de se mudar	Absoluto	Relativo
São Paulo	746.098	380.998	1.127.096	8,2%
Rio de Janeiro	442.975	94.720	537.695	9,6%
Pará	366.895	142.884	509.779	23,1%
Minas Gerais	206.825	237.384	444.209	6,7%
Maranhão	308.101	120.910	429.011	22,7%
Bahia	213.013	197.687	410.700	8,9%
Ceará	217.113	135.784	352.816	13,4%
Pernambuco	153.999	119.817	273.816	9,9%
Amazonas	155.475	95.929	251.404	25,4%
Rio Grande do Sul	108.899	96.492	205.391	5,4%
Piauí	120.649	43.130	163.779	16,8%
Paraná	44.993	82.063	127.056	3,5%
Paraíba	75.290	48.689	123.779	10,7%
Alagoas	53.044	50.899	103.943	10,9%
Goiás	38.736	58.808	97.544	5,0%
Mato Grosso	41.097	43.461	84.558	8,2%
Rio Grande do Norte	17.123	66.055	83.178	8,1%
Espírito Santo	36.587	41.282	77.869	6,7%
Santa Catarina	29.253	45.970	75.223	3,7%
Sergipe	29.579	36.036	65.615	10,1%
Distrito Federal	20.198	37.252	57.450	6,9%
Rondônia	40.293	16.427	56.720	12,0%
Mato Grosso do Sul	15.930	33.083	49.013	6,0%
Tocantins	24.125	16.008	40.133	9,8%
Acre	13.479	12.136	25.615	12,6%
Amapá	3.662	18.048	21.710	12,3%
Roraima	7.658	5.542	13.200	10,5%
Brasil	3.531.089	2.277.458	5.808.547	9,3%

Pode-se verificar que 3,5 milhões de famílias ou 61% vivem em domicílios inadequados. Favelas cortiços abrigam hoje 2,2 milhões de famílias no Brasil.

Outro dado que pode ser retirado do PNAD (2009) diz respeito também à relação de inadequação familiar encontra-se 30% na faixa familiar mensal entre 1 e 2 salários mínimos e 77,7% concentrados na faixa até 3 salários mínimos. A coabitação tem distribuição ligeiramente melhor, com 62% das famílias na faixa até 3 salários mínimos (Figura 2.24).

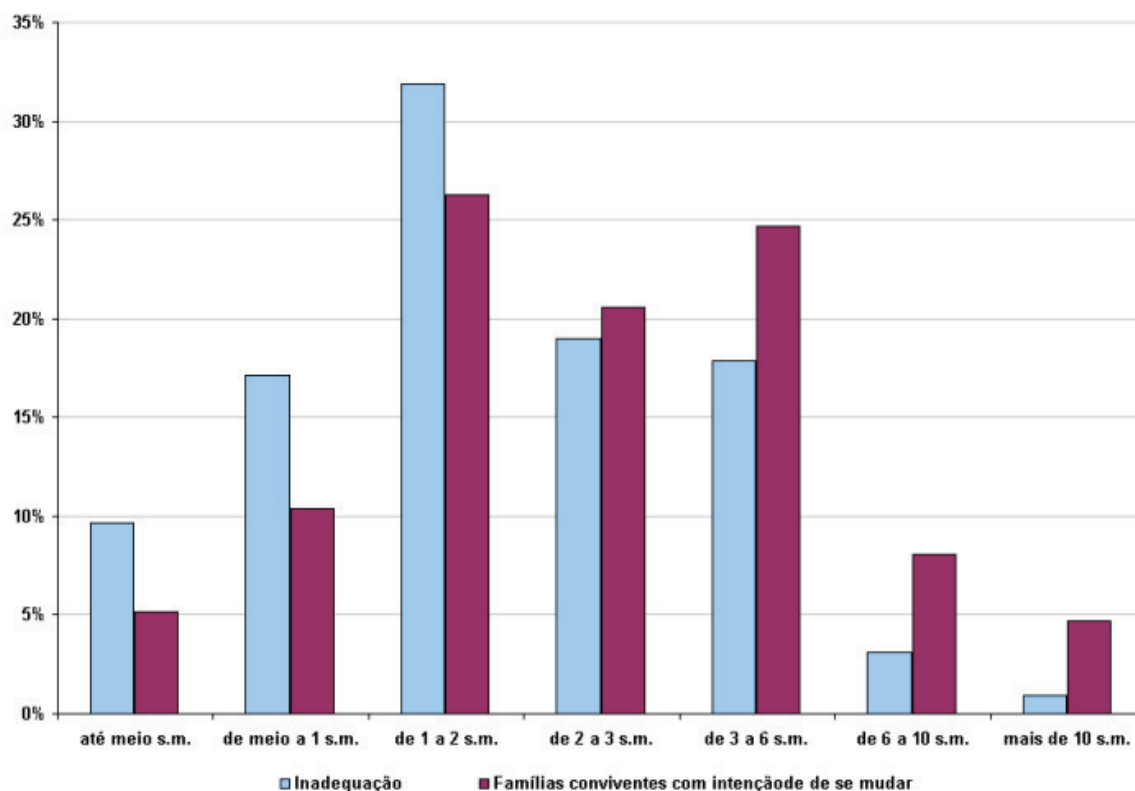


Figura 2.24. Déficit habitacional 2009, por Unidade da Federação (PNAD, 2009. Elaboração: FGV)

Outra estatística que revela essa carência: considerando as famílias brasileiras que ganham até um salário mínimo por mês, quase 32% estavam em déficit habitacional por inadequação.

Carvalho et al. (2009) destacam que o Brasil vem implementando várias políticas públicas com o intuito de minimizar o déficit habitacional. Essas políticas tem atingido parte da população que reside principalmente nas metrópoles e em cidades médias, sendo que em pequenas cidades e comunidades com difícil acesso, essas políticas, tecnologias e produtos industrializados associados não estão disponíveis.

Conforme a Tabela 2.3, o déficit habitacional absoluto no Ceará é de 352.816 habitações, sendo que a maior parte está situado na zona urbana.

Esses dados são considerados discutíveis, necessitando de uma melhor análise. No Ceará a maior parte da população está distribuída em três localidades (região metropolitana de Fortaleza, Sobral e Juazeiro do Norte). Dessa forma, os números do déficit habitacional na zona rural devem ser mais bem estudados para que se possa haver uma estimativa mais precisa desses índices.

As cidades de menor porte são menos favorecidas e não contempladas por políticas para habitação. Grande parte desses municípios está localizada em difícil acesso e/ou distante de grandes centros urbanos, tornando as construções mais caras devido às dificuldades logísticas de materiais e componentes (Carvalho et al., 2009).

Todos esses fatores contribuem para que os índices de déficit habitacional aumentem, agravando a situação da população dessas cidades menos favorecidas, que não tem condições financeiras para financiarem a construção de suas moradias.

Assim, pode-se dizer que os índices do déficit habitacional mostram a necessidade de construção de novas unidades habitacionais (Tabela 2.4), de forma a atender a população de baixíssima renda, ou seja, situada abaixo da chamada linha da pobreza (Larcher, 2005).

Tabela 2.4. Necessidades de investimento em habitação, 2007–2010 (FGV, 2006)

Especificação	Déficit habitacional			
	Total	Urbana	Rural Total	Extensão Urbana
Nordeste	2.684.536	1.837.712	846.824	8.125
Maranhão	543.117	274.930	268.187	3.312
Piauí	158.331	93.316	65.015	-
Ceará	414.155	316.406	97.749	-
RM Fortaleza	175.488	171.272	4.216	-
Rio Grande do Norte	135.119	97.647	37.472	2.349
Paraíba	170.358	131.320	39.038	-
Pernambuco	403.842	317.256	86.586	1.030
RM Recife	199.598	192.458	7.140	-
Alagoas	130.363	85.298	45.065	1.434
Sergipe	92.729	76.702	16.027	-
Bahia	636.522	444.837	191.685	-
RM Salvador	149.028	146.311	2.717	-

2.4.2. Habitação de interesse social

No início de 2007, o Governo Federal, lançou o Programa de Aceleração de Crescimento (PAC), que consiste em um pacote de programas de investimento em diversos setores no Brasil que tem como intuito aumentar o investimento em setores essenciais ao crescimento da economia do país como infraestrutura, saneamento e habitação.

Esse pacote prevê investimentos de R\$ 40 bilhões em saneamento básico e R\$ 123,6 bilhões em habitação até 2014.

Para a habitação, os investimentos do PAC tanto desse ano, como nos anos seguintes serão originados da caderneta de poupança. Dentro do PAC, o principal programa de habitação brasileira, nos dias atuais, é o programa “Minha Casa Minha Vida”, destinado a populações de baixa renda. Esse programa só no 1º trimestre de 2012 aplicou mais de 5 bilhões de reais, 5 vezes mais do que foi aplicado nesse programa em 2011, em julho de 2012 esta previsto a assinatura de contrato em 2600 prefeituras brasileiras. Esse dado mesmo levando em consideração o período eleitoral em 2012 representa um importante passo na tentativa de minorar o grande déficit habitacional nessa faixa de renda da população.

2.5. SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO

A consciência ecológica é uma preocupação frequente no mundo atual, devido à degradação que o meio ambiente vem sofrendo, gerando impacto diretamente na qualidade de vida e no futuro do planeta.

Dessa forma, aumentou-se o interesse em questões ambientais através da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável:

A sustentabilidade é uma busca por ações que vão além do que a legislação obriga, sempre com foco no aproveitamento total dos recursos, na eficiência energética, na conservação da água, na conservação da biodiversidade e dos recursos naturais e, principalmente, no bem estar social (Novaes et al., 2008).

Quanto à eficiência energética, podem ser utilizadas energias alternativas como a solar, a eólica e a energia a gás. Quanto à conservação da água, pode-se destacar o aproveitamento de águas servidas, de águas pluviais e o consumo eficiente mediante a previsão de equipamentos de detecção de vazamentos e ineficiências (Novaes et al., 2008).

O mesmo autor complementa que é fundamental para a sustentabilidade que os materiais sejam selecionados com procedência de fontes renováveis e que contenham componentes reciclados ou reutilizados.

De acordo com Indriunas (2007), uma das definições mais utilizadas para desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades atuais da população, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. Ou seja, a ideia é crescer sem destruir o ambiente e esgotar os recursos naturais.

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas adotou essa definição no Relatório Brundtland em 1987, que discutia o futuro comum dos habitantes da Terra. Durante a Eco-92, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro (Brasil), o conceito tornou-se princípio fundamental e parâmetro para a Agenda 21, uma série de metas, aprovadas pelos mais de 160 países participantes (Indriunas, 2007).

Souza (2008) defende que a sustentabilidade, como noção ecológica, veio para ficar. Não por necessidade ou por moda ou porque se pretende pensar dessa forma, mas porque a noção de sustentabilidade ecológica aliada à arquitetura já faz parte do dia-a-dia mundial, não só ao uso de tecnologias complexas ou de materiais altamente tecnológicos. A sustentabilidade só é

eficiente através da sua simplicidade, pela forma como, com poucos recursos, se consegue materializar uma construção que funcione que dure e que certamente continuará a funcionar com perfeição, não dependendo dos inúmeros fatores externos que são imprescindíveis à maior parte das nossas casas.

Muitas empresas estão se especializando em como praticar o desenvolvimento sustentável, com projetos bastante ousados e inovadores. Destacam-se grandes bancos, empresas que prestam serviços de projetos e consultoria, e construtoras que praticam a construção sustentável e vendem seus produtos com esta marca ambiental (Novaes et al., 2008).

Com relação às características da sustentabilidade, Silva (2000) apresenta um quadro síntese (Tabela 2.5), onde são definidos os significados de cada caráter relativo a ela.

Tabela 2.5. Síntese de características básicas da sustentabilidade (Silva, 2007).

Caráter progressivo
Caráter de Tendência: a sustentabilidade se apresenta como uma condição a ser atingida processo onde se pretenda atingir determinadas metas devendo ser continuamente construída e permanentemente reavaliada.
Caráter Dinâmico: não se trata de algo tangível que se adquira definitiva e completamente, mas uma condição que deve interagir com o dinamismo da realidade em que se insere, adequando-se a fatores conjunturais, estruturais ou imprevisíveis.
Caráter holístico
Caráter Plural: a sustentabilidade é pluridimensional e envolve aspectos básicos tais como: ambientais, econômicos, sociais e políticos. Novas dimensões podem ser acrescentadas se o problema em questão assim o exigir.
Caráter de Indissociabilidade: além do caráter plural que pressupõe o envolvimento de vários aspectos, existe um vínculo indissociável entre eles exigindo a sua plena consideração para que se garanta uma condição sustentável.
Caráter Interdisciplinar: devido à amplitude de interações que são contempladas em suas considerações demanda a confluência de diferentes áreas do conhecimento, tanto para a construção de suas compreensões teóricas como de suas ações práticas.
Caráter histórico
Caráter Espacial: embora a noção de sustentabilidade tenha forte perfil de origem que valoriza as condições endógenas, ela não pode prescindir da inserção e interação dos contextos locais com os mais amplos, contemplando também as causas e consequências das pegadas ecológicas.
Caráter Temporal: a relação de tempo adquire uma importância fundamental no equacionamento das ações praticadas no passado, no presente e as que serão exercidas no futuro. Quando se trata do meio urbano, geralmente se adota o tempo social do universo antrópico.
Caráter Participativo: a preservação de uma condição sustentável tem uma forte interdependência com o aspecto de diversidade participativa dos agentes sociais, na medida em que a presença ou não deste fator pode tanto contribuir, como comprometer as metas pretendidas.

2.5.1. Arquitetura bioclimática

Viggiano (2001), explica o termo *arquitetura bioclimática* da seguinte forma:

Expressa a relação do ser humano, ao nível de suas necessidades biológicas de conforto, ao clima, considerando suas benesses e seus rigores, passando pela arquitetura que é o abrigo, a interface, o meio pela qual esta relação dependente pode ser concretizada. A arquitetura bioclimática estuda as formas de se efetuar de maneira eficiente esta interface, seja através da escolha do sítio, utilização de materiais de construção adequados, da orientação de edificação, da eficiência das aberturas, do estudo da ventilação e da insolação, dos ganhos e perdas térmicas, do estudo do microclima e do macroclima, do impacto ambiental, da vegetação e dos aspectos culturais.

A bioclimatologia relaciona o estudo do clima (climatologia) aos seres humanos. O projeto bioclimático é uma abordagem que tira vantagem do clima através da aplicação correta de elementos de projeto e de tecnologia para controle dos processos de transferência de calor. Consequentemente, esse controle influi na conservação de energia, assim como na garantia de condições confortáveis nos edifícios. A associação destes conceitos ao projeto do edifício, desde os seus primeiros estágios, tem um potencial ainda mais elevado de conservação de energia mantendo o conforto de seus habitantes (Maciel, 2006).

Lanham et al. (2004) define que a arquitetura bioclimática consiste em pensar e projetar uma unidade habitacional levando em consideração a questão climática e as características ambientais do local em questão. Dessa forma, pretende-se otimizar o conforto ambiental anterior da habitação (conforto térmico, luminoso, acústico, etc.) utilizando apenas o design e os elementos arquitetônicos disponíveis:

Bioclimatismo é um conjunto de princípios sobre o tratamento do espaço construído desenvolvido em três bases fundamentais, a saber: a otimização do desenho arquitetônico dentro das relações energéticas com o entorno e o meio ambiente; a recuperação da influência do lugar caracterizada pela incorporação não só dos aspectos climáticos, mas também dos históricos e culturais do lugar; e a resposta local que resulta necessariamente na regional, em que a arquitetura deve responder a todas as exigências do entorno, através da observância de aspectos tecnológicos e culturais, dentre outros que compõe o ecossistema (Oliveira, 2005).

De acordo com Maciel (2006): “Para a maioria dos arquitetos e do público em geral, a arquitetura bioclimática é ainda uma coleção de equipamentos e de tecnologia e não uma proposta a ser implementada primeiramente através do projeto de arquitetura”.

Segundo Maciel (2006), para o projeto bioclimático e a eficiência energética, é essencial a adequação de soluções do projeto às características climáticas locais.

Lahamet al. (2004) apresentam outras definições relacionadas com a arquitetura bioclimática, que trabalham no mesmo sentido:

- Arquitetura Solar Passiva: semelhante à bioclimática, com a diferença que trata apenas dos ganhos energéticos provenientes do sol, enquanto que na arquitetura bioclimática inclui-se outras preocupações climáticas;
- Arquitetura Solar Ativa: trata dos meios mecânicos de baixo consumo energético, geralmente relacionado ao uso de energias renováveis, como, por exemplo, painéis solares, sistemas híbridos de arrefecimento;
- Construção Sustentável: trata do impacto ambiental dos processos envolvidos na construção de uma unidade habitacional, desde os materiais utilizados até aos sistemas construtivos, passando pelo consumo de energia no processo construtivo e na habitação durante sua vida útil. Esse tipo de arquitetura envolve o conceito de arquitetura bioclimática.

2.5.2. Construções sustentáveis

Segundo Bussoloti (2009), de todas as atividades praticadas pelo ser humano, a construção civil é uma das que mais causa impacto no meio ambiente. No Brasil cerca de 40% da extração de recursos naturais têm como destino a indústria da construção. Além disso, 50% da energia gerada é utilizada para abastecer o funcionamento das edificações e entre 40 a 70% dos resíduos sólidos urbanos vêm das construções e de demolições.

Para Novaes et al. (2008), a sociedade somente atingirá o desenvolvimento sustentável quando a construção civil passar por profundas transformações. Afirma que uma construção sustentável se dá com a diminuição dos resíduos gerados, através da escolha de materiais apropriados, uso de produtos recicláveis e a utilização do menor número de recursos naturais possível.

Para que a geração de resíduos da construção e demolição (RCD) sofra uma diminuição, Novaes et al. (2008) defende a utilização do conceito dos 3 R's (Redução, Reutilização e Reciclagem):

A redução visa diminuir a quantidade de resíduo gerada e seu potencial poluidor. Esta redução pode ser conseguida através de medidas como: alteração da matéria-prima utilizada na fabricação de produtos; modificação no processo industrial; combate ao desperdício; diminuição do uso de objetos e materiais descartáveis ou dispensáveis; e alterações nos hábitos da população. A reutilização consiste no reuso de um produto, fazendo com que o resíduo gerado no canteiro passe a ser reaproveitado de uma forma diferente da inicialmente utilizada. Já na reciclagem, os resíduos passam por procedimentos de mudança, servindo de matéria-prima para confecção de um novo produto que será utilizado no canteiro com outra destinação.

Para Lichtenberg (2008): “A principal característica de um projeto sustentável é a eficiência no uso de energia, água e recursos ao mesmo tempo em que propicia um excelente nível de conforto (higrotérmico, lumínico, acústico, visual e de mobilidade) ao usuário”.

O mesmo autor apresenta ainda algumas soluções como base inicial para se chegar aos requisitos que conferem a sustentabilidade nas habitações:

- Iluminação natural: o projeto deve permitir a entrada de luz natural, proporcionando um ótimo nível de iluminação, minimizando a utilização de iluminação artificial;
- Controle solar: deve-se analisar a distribuição temporal e espacial da radiação solar incidente, de forma a encontrar a melhor posição das fachadas em relação às incidências do sol;
- Inércia térmica: deve-se buscar o equilíbrio térmico do ambiente, de acordo com sua inércia térmica. Sabe-se que quanto maior for a inércia dos materiais maior será o conforto e o equilíbrio térmico do local;
- Permeabilidade e hermeticidade: devem-se deixar áreas de circulação aberta que caracterizam a permeabilidade e permitem uma melhor ventilação interna, melhorando o conforto térmico;
- Áreas verdes: devem-se conservar áreas verdes internas e externas, de forma a proporcionar um conforto em relação à temperatura local.

Bussoloti (2009) afirma que uma obra sustentável leva em conta o processo no qual o projeto é concebido, quem vai usar os ambientes, quanto tempo terá sua vida útil e se, depois desse

tempo todo, ela poderá servir para outros propósitos ou não. Tudo que diz respeito aos materiais empregados nela devem levar em conta a necessidade, o desperdício, a energia gasta no processo até ser implantado na construção e, depois, se esses materiais podem ser reaproveitados.

Em 1987, com o Relatório Brundtland, foi concebido o conceito de desenvolvimento sustentável, abrindo assim espaço para uma nova ramificação na arquitetura, que prega uma interação do homem com o meio, utilizando os elementos e recursos naturais disponíveis, preservando o planeta para as gerações futuras, baseadas nas soluções socialmente justas, economicamente viáveis e ecologicamente corretas (Bussoloti, 2009).

Neste contexto, destacam-se as técnicas de construção com terra, pois apresentam muitas características desejáveis para uma construção sustentável, englobando os conceitos da arquitetura bioclimática. Entre elas pode ser citada a baixa energia incorporada no processo, que dispensa a queima e, na maioria das vezes, não requer transporte. Além disso, é relevante o baixo impacto ambiental e ecológico, pois a produção de resíduos é muito pequena e não necessita de exploração intensiva de jazida ou recurso natural como fonte de energia ou matéria-prima.

Nesse tipo de construção o consumo de energia é baixo, pelo fato de o trabalho humano ser a principal fonte de energia utilizada no processo construtivo (Alexandria, 2008).

2.6. SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Na tentativa do equacionamento do problema habitacional brasileiro, foi criado na década de 60 o Sistema Financeiro da Habitação (SFH) e o Banco Nacional da Habitação (BNH), os quais promoveram um grande incentivo financeiro na produção de habitações, com o intuito de prover novas unidades habitacionais e a criação de novos postos de trabalho. Com isso, verificou-se o intenso surgimento de novos sistemas construtivos industrializados, tanto os importados de países desenvolvidos, como os criados pelo setor privado, pelas universidades e instituições de pesquisa (Mello e Duarte, 2006).

Mello e Duarte (2006) observam que houve pouca adaptação dessas tecnologias, sendo necessária uma avaliação de desempenho das edificações:

Muitas dessas tecnologias não se adaptam devido ao contexto técnico, por possuírem baixa qualidade dos materiais e processos construtivos.

Sendo assim, surge a preocupação de verificar o desempenho dessas edificações tanto em avaliações técnicas como ambientais, sociais e gerenciais. Contudo, as avaliações de tecnologias, no Brasil, tiveram maior ênfase na questão técnica e ambiental.

Quando se trata da construção de unidades habitacionais para a população de baixa renda, o método construtivo geralmente utilizado pelo governo é o tradicional, ou seja, alvenaria de tijolos cerâmicos furados com revestimento de argamassa interno e externo, coberta com telhas de fibrocimento (ou cerâmicas) e laje pré-moldada.

Outros métodos construtivos também são utilizados, dentre os quais podemos citar:

- Alvenaria de blocos cerâmicos aparentes, coberta de telhas cerâmicas e laje pré-moldada;
- Paredes de argamassa envolvendo uma chapa corrugada de fibrocimento, com cobertura de telhas cerâmicas e forro de madeira;
- Paredes monolíticas de concreto, coberta com laje de concreto maciço e telhas de fibrocimento;
- Taipa em painéis modulados: partindo de uma estrutura em madeira, em forma de painéis treliçados, onde todas as paredes são revestidas com a terra encontrada no local da obra. A cobertura é feita de telhas cerâmicas sobre estrutura de madeira;
- Painéis pré-fabricados de cerâmica vermelha: consiste na pré-fabricação de painéis de laje, parede e cobertura, utilizando tijolo cerâmico. Esses painéis são montados sobre as fundações do tipo “radier”;
- Blocos de solo-cimento prensados: consiste na pré-fabricação dos elementos de construção. Além dos blocos de solo-cimento para as paredes, são pré-fabricadas também os blocos de fundação. Procura-se utilizar ao máximo vergas pré-fabricadas e “kits” para as instalações elétricas e hidráulicas. O material utilizado é a mistura do solo localmente disponível com cimento como estabilizante. A cobertura é em madeira e telhas cerâmicas.

Para Souza (2008), o desenvolvimento de novos materiais, componentes e sistemas construtivos é essencial para a racionalização da habitação, visando a busca de alternativas aos produtos e processos tradicionais em uso na construção civil. Defende-se que ao selecionar um sistema construtivo que melhor corresponda às necessidades da habitação, deve-se analisar uma série de itens específicos sobre a edificação em questão; nomeadamente:

- a) Características físicas: clima, temperaturas, recursos naturais, índices pluviométricos, umidade relativa do ar, sistemas construtivos e materiais de construção locais, mão-de-obra e equipamentos;
- b) Características socioculturais: população, faixa etária, faixa de renda, necessidades básicas, processos históricos da região e tradição técnica;
- c) Características político-econômicas: política de desenvolvimento, intervenção do poder público, infraestrutura urbana, legislação, industrialização, mercado e tecnologia;
- d) Características de projeto: programa, recursos financeiros, padrões habitacionais da região, tempo disponível, financiamento, necessidades da população e dimensionamento.

Para a avaliação dos sistemas construtivos utilizados, é de extrema importância a adequação da edificação às características da região onde será construída, de forma a haver um mínimo gasto de energia e de material durante as fases de construção, de uso e de demolição da edificação. Quando se trata da construção de moradias para a população de baixa renda, deve-se levar em consideração, além dos fatores ecológicos, os aspectos de custo, ou seja, de ordem econômica, e os aspectos de ordem social (Krüger, 1998).

Krüger (1998) ressalta ainda que, em relação aos fatores ecológicos, deve-se observar que a construção reflete diretamente no meio ambiente, onde não apenas o local que será construído é irreparavelmente modificado, como também uma enorme quantidade de recursos naturais é utilizada. Assim, torna-se necessário que a totalidade dos danos ao meio ambiente seja reduzida ao máximo, ou seja, devem ser atendidos os princípios da sustentabilidade.

Pode-se observar que a maioria dos sistemas construtivos utilizados atualmente não seguem essencialmente os princípios da sustentabilidade e da arquitetura bioclimática, o que reforça a justificativa de se buscar soluções não só economicamente, mas também ambientalmente viáveis, de forma a atender a necessidade da habitação, especialmente para a população que está abaixo da linha da pobreza.

2.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Esse capítulo abrange, num primeiro estágio, um levantamento histórico das construções em terra no mundo, e mostra sua disseminação nos vários continentes, reafirmando suas possibilidades de manutenção como construção durável e passível de adaptação à cultura local. A pouca bibliografia em terra no Brasil, comparada a outros países, reflete claramente o descaso da construção em terra, o descaso com o estudo rigoroso e abrangente sobre a conservação do seu patrimônio histórico, e a visão de construção em terra ainda com o status de subconstrução, na realidade atual. Talvez seja necessário citar aqui a atualidade do tema, com um apelo ambiental, e de um grau de impacto altamente invejado por outros métodos convencionais. Os dados relativos aos altos investimentos no Brasil no setor habitacional, nos últimos 5 anos, mostram um grande crescimento no setor habitacional brasileiro, mas com um discurso talvez ainda conservador, na utilização de técnicas alternativas, ecologicamente sustentáveis, que poderão ajudar na redução desse déficit pré-existente. Aqui esse olhar tem que abranger também comunidades rurais, que longe dos grandes centros não entra numa estatística real, de populações que vivem abaixo da linha de pobreza, e tendem a se tornar uma população invisível para as estatísticas.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1. INTRODUÇÃO

Esse capítulo se propõe analisar as várias etapas da pesquisa desenvolvida, explicando as diversas fases do seu desenvolvimento. Inicia-se com um roteiro das áreas onde potencialmente poderiam existir construções em terra no Ceará, já que não havia documentação bibliográfica que desse indício da expressão e distribuição de construção em adobe no Estado. Foram realizadas oito visitas em campo que totalizaram sete mil quilômetros, inquéritos, entrevistas e uma ampla documentação fotográfica. Foram trazidos ainda exemplares de adobe e terra de quatorze localidades e ensaiados nos laboratórios de mecânica dos solos da UFC. Neste capítulo serão relatadas as etapas executadas, sendo a análise dos dados realizada no Capítulo 4 desta tese.

3.2. CONSULTA AO ACERVO DO INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO NACIONAL

A primeira etapa da pesquisa passou pela consulta a dados no IPHAN sobre trabalhos anteriores de levantamento e mapas. Verificou-se que o IPHAN estudou, ao longo dos últimos vinte anos, três sítios históricos dentro do Ceará, sendo eles: Viçosa do Ceará, Sobral e Camocim, todos localizados na zona norte do Estado (Figura 3.1).

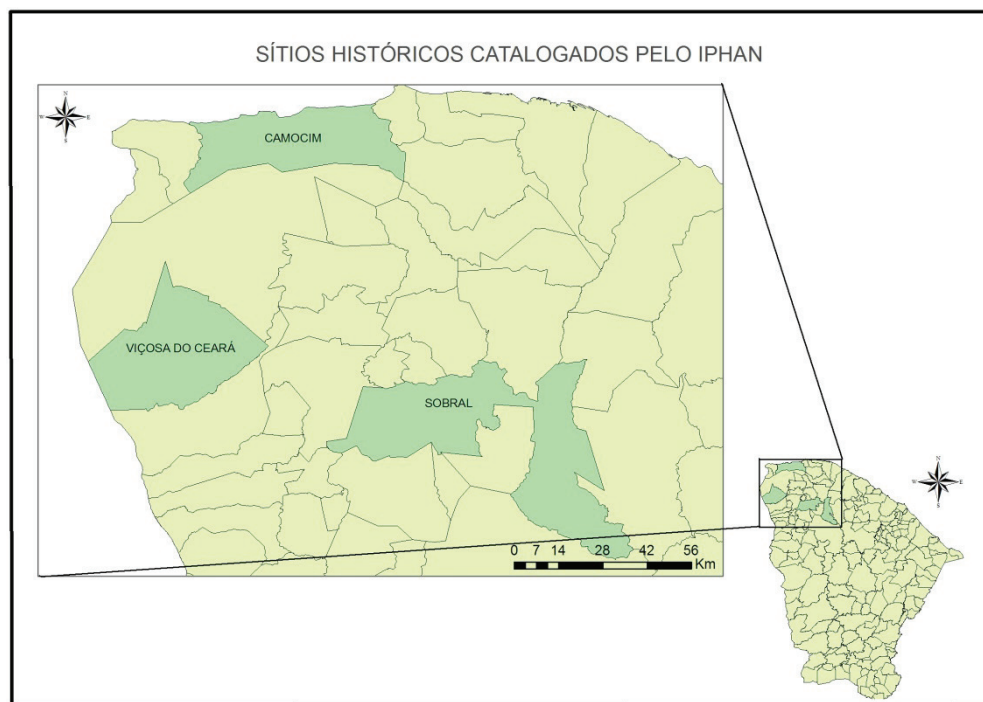


Figura 3.1. Sítios históricos no Ceará - Viçosa do Ceará, Sobral e Camocim

Apesar do vasto material documental disponível sobre estilos arquitetônicos, períodos e adaptações construtivas executadas, nada foi encontrado sobre o sistema construtivo utilizado nas edificações catalogadas na Instituição, todas elas originadas dos sécs.XVIII, XIX e início do séc. XX.

No entanto, a referida documentação histórica dava indícios que as construções desse período, nessas três regiões, seriam possivelmente construções em terra. Assim sendo, a porção norte do Estado do Ceará passou a ser um possível objeto deste estudo.

3.3. CONSULTA AO MAPEAMENTO DOS TIPOS DE SOLO EXISTENTES NO CEARÁ

Numa segunda etapa, foi levantado junto do IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2009), o mapeamento dos tipos de solo nas microrregiões do Estado (Figura 3.2). A análise resultou na definição de manchas de terra argilosa, elemento básico na constituição das construções em taipa ou adobe, concentradas principalmente nas regiões norte e nordeste do Estado, sugerindo novamente esta região como potencial área de estudo.

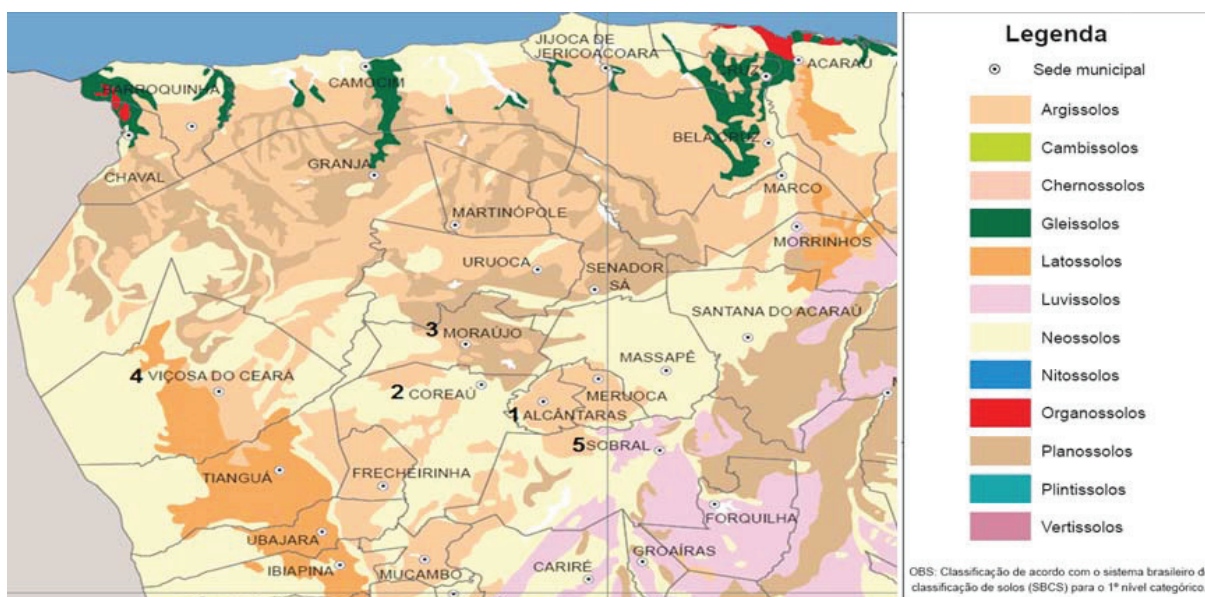


Figura 3.2. Mapa de solos do Ceará (IPECE, 2009)

3.4. VIAGEM A CAMPO PARA DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Já definida a porção norte/nordeste do Estado do Ceará como potencial área da pesquisa, em função dos sítios históricos identificados pelo IPHAN e do solo favorável a construção em terra (segundo o mapeamento do IPECE), teve que se verificar a existência (ou não) da manutenção deste sistema construtivo até os dias atuais, nesta região. No caso de manutenção do sistema, haveria que se compreender detalhar e descrever suas características locais.

Numa primeira viagem de campo à área pré-selecionada, realizada em abril de 2009, identificou-se, através de consulta oral a construtores populares da região, os municípios e distritos de maior relevância no que se refere a número de unidades recentes construídas em adobe. Identificaram-se 14 localidades, distribuídas em 10 municípios: Sobral, Alcântaras, Coreaú, Uruburetama, Granja, Ipueiras, Marco, Moraújo, Tianguá e Viçosa do Ceará.

3.5. CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS VISITADOS

Os municípios selecionados para o desenvolvimento da Expedição Rodoviária, todos localizados na região norte do Estado, são os seguintes: Sobral, Alcântaras, Coreaú, Araquém, Granja, Ipueiras, Marco, Moraújo, Tianguá, Uruburetama e Viçosa do Ceará. A Figura 3.3 dá uma perspectiva da localização das cidades visitadas e dos respectivos tipos de solos.

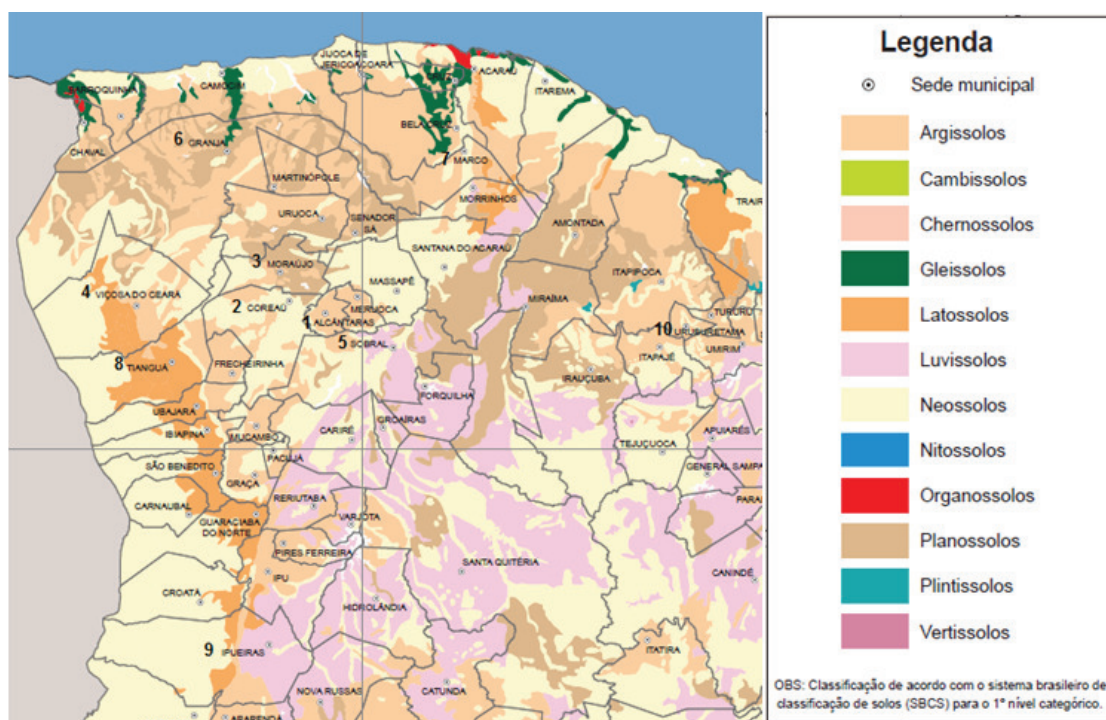


Figura 3.3. Municípios visitados durante a pesquisa (IPECE, 2009)

Percebe-se, na Figura 3.3, que o tipo de solo predominante nos municípios visitados é o argissolo, o que é um dos fatores que torna a região bastante propícia a ter construções em adobe. Em geral são municípios com população de baixo poder aquisitivo, além da predominância de ambiente rural. A população total dos municípios é de 489.044 habitantes, assim como o PIB total dos municípios estudados é de R\$ 2.479.221.100,00 (IBGE, 2007). Possuem PIB per Capita abaixo da média estadual, além de não terem Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) alto (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Caracterização dos municípios visitados na pesquisa (IBGE, 2007).

Municípios	Área (km ²)	População 2007 (hab)	Ranking IDH (Ceará)	PIB 2007 (R\$)	PIB per capita (Rr\$)
Sobral	2.123	176.895	7	1.552.648.000,00	8.890,29
Alcântaras	139	10.816	136	25.108.000,00	2.321,38
Coreaú	776	22.215	161	49.997.000,00	2.250,60
Araquém	-	6.830	-	-	-
Granja	2.697	53.952	183	119.037.100,00	2.206,35
Ipueiras	1.474	39.288	121	103.105.000,00	2.624,34
Marco	574	24.622	124	82.170.000,00	3.337,26
Moraújo	416	8.538	156	20.811.000,00	2.437,46
Tianguá	909	68.588	72	302.082.000,00	4.404,30
Uruburetama	97	20.627	91	78.400.000,00	3.800,84
Viçosa do Ceará	1.312	56.673	158	145.863.000,00	2.573,77

Serão apresentados alguns dados específicos sobre as várias localidades estudadas, como características construtivas, dados populacionais e IDH.

3.5.1. Sobral

A cidade de Sobral é a segunda mais desenvolvida do Estado do Ceará, com PIB de R\$ 1.552.648.000,00. Com uma população de 176.895 habitantes apresenta um IDH de 0,699 ocupa a sétima posição no ranking estadual do IDH. A importância de Sobral na questão das construções em adobe reside na sua riqueza histórica, com rica arquitetura religiosa, parte construída em terra crua, dos sécs. XVIII e XIX e arquitetura de influência neoclássica e eclética em seus antigos casarões residenciais (Figura 3.4).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.4. Conjunto arquitetônico de Sobral: (a) Igreja Nossa Senhora do Rosário dos Pretinhos, séc. XVIII; (b) Museu Dom José; (c) Teatro São João, séc. XIX; (d) Escola de Música de Sobral (Expedição Caminhos da Terra, 2009)

As construções históricas de Sobral concentram-se no centro da cidade, conforme se representa no mapa da Figura 3.5.



Figura 3.5. Área de Preservação do Patrimônio Histórico de Sobral (IPHAN, 2009)

3.5.2. Alcântaras

Alcântaras situa-se a 285km de Fortaleza, possui uma população de 10.816 habitantes, sendo 3.088 da área urbana e 7.728 da área rural, e tem um PIB de R\$ 25.108.000,00 (IBGE/IPECE, 2007). O município possui um IDH de 0,609, ocupando a 136ª posição entre os 184 municípios cearenses (IBGE/IPECE, 2007).

Como se pode observar existe uma clara predominância do ambiente rural em relação ao urbano, com 70% da população residindo na zona rural. Além disso, o município possui um PIB per Capita de R\$ 2.321,38 o qual fica bem abaixo do indicador estadual, que é de R\$ 5.636,00 (IBGE/IPECE, 2007).

3.5.3. Coreaú eAraquém

Coreaú está situado a 300km de Fortaleza, possui uma população de 22.215 habitantes, sendo 12.112 de área urbana e 10.103 de área rural, e tem um PIB de R\$49.997.000,00 (IBGE/IPECE 2007).

O município possui um IDH de 0,609, ocupando a 161^a posição entreos 184 municípios cearenses. (IBGE/IPECE, 2007). Já Araquém (Figura 3.6), é o maior distrito de Coreaú, possuindo 6.830 habitantes.



Figura 3.6.Casas construídas em adobe no distrito de Araquém

3.5.4. Granja

O município de Granja está situado a 352km de Fortaleza, e possui uma população de 53.952 habitantes. Tem um PIB de R\$ 119.037.000,00 e IDH de 0,554, sendo o 183º município do ranking do Estado do Ceará. Dos municípios visitados, possui o menor PIB per capita, em torno de R\$ 2.206,35 (IBGE/IPECE, 2007).

3.5.5. Ipueiras

Ipueiras situa-se a 304km de Fortaleza, possui uma população de 39.288 habitantes, sendo 12.376 da área urbana e 26.912 da área rural, e tem um PIB de R\$ 103.105.000,00 (IBGE/IPECE, 2007). O município possui um IDH de 0,617, ocupando a 121ª posição entre os 184 municípios cearenses (IBGE/IPECE, 2007).

Existe uma clara predominância do ambiente rural em relação ao urbano, aproximadamente 69% da população mora na zona rural. Além disso, o município possui um PIB per Capita de R\$ 2.624,34 o qual fica bem abaixo do indicador estadual, que é de R\$ 5.636,00 (IBGE/IPECE, 2007). A Figura 3.7 apresenta a título de exemplo uma igreja em Ipueiras construída em adobe.



Figura 3.7. Igreja em adobe no município de Ipueiras

3.5.6. Marco

Marco está situado a 254km de Fortaleza, possui uma população de 24.622 habitantes, e tem um PIB de R\$ 82.170.000,00 (IBGE/IPECE, 2007). O município possui um IDH de 0,616, ocupando a 124ª posição entre os 184 municípios cearenses (IBGE/IPECE, 2007).

O município tem parte considerável de suas construções em adobe, sendo um reflexo tanto do solo favorável como do baixo poder aquisitivo da população, isso se comprova quando se analisa o PIB per capita que é de R\$ 3.337,26 mesmo sendo um dos maiores indicadores de PIB dentre os municípios visitados.

3.5.7. Moraújo

O município de Moraújo situa-se a 308km de Fortaleza, possui uma população de 8.538 habitantes, sendo 3.232 da área urbana e 5.306 da área rural, e tem um PIB de R\$ 20.811.000,00 (IBGE/IPECE, 2007). O município possui um IDH de 0,594, ocupando a 156ª posição entre os 184 municípios cearenses (IBGE/IPECE, 2007).

3.5.8. Tianguá

Município localizado a 335km de Fortaleza possui uma população de 68.588 habitantes, e tem um PIB de R\$ 302.082.000,00 (IBGE/IPECE, 2007). O PIB per capita é o segundo maior entre os municípios visitados (R\$4.404,30), mas ainda está abaixo da média do Estado do Ceará (R\$5.636,00). O município possui um IDH de 0,640, ocupando a 72ª posição entre os 184 municípios cearenses (IBGE/IPECE, 2007). Na Figura 3.8 apresenta-se um exemplo de uma construção em adobe no município de Tianguá.



Figura 3.8. Casa construída em adobe no município de Tianguá

3.5.9. Uruburetama

O município de Uruburetama está situado a 127km de Fortaleza, possui uma população de 20.627 habitantes, e tem um PIB de R\$ 78.400.000,00 (IBGE/IPECE, 2007). O município possui um IDH de 0,631, ocupando a 97ª posição entre os 184 municípios cearenses (IBGE/IPECE, 2007). Mesmo sendo o terceiro maior indicador do PIB dentre os municípios

visitados, considera-se ainda o baixo poder aquisitivo da população. O PIB per capita é de R\$ 3.800,84.

3.5.10. VIÇOSA DO CEARÁ

O município de Viçosa do Ceará está situado a 366km de Fortaleza, e possui uma população de 56.673 habitantes, sendo 16.504 da zona urbana e 40.169 da zona rural. Tem um PIB de R\$ 145.863.000,00 e IDH de 0,593, sendo o 158º município do ranking do Estado do Ceará. A cidade de Viçosa do Ceará possui um grande conjunto histórico preservado (Figuras 3.9 e 3.10) tendo a sua igreja matriz, obra já identificada pelo IPHAN como construída em adobe.



Figura 3.9. Construção histórica em Viçosa do Ceará (IPHAN, 2009)



Figura 3.10. Detalhes das construções em adobe no centro de Viçosa do Ceará

3.6. APLICAÇÕES DOS INQUÉRITOS *IN LOCO* NOS MUNICÍPIOS SELECIONADOS

Após a identificação das localidades, fez-se uma expedição rodoviária denominada “Caminhos da Terra”, que percorreu, no seu total, mais de 7.000km, passando por 32 localidades.

Nas 14 localidades previamente identificadas, aplicou-se um inquérito focado nas técnicas utilizadas pelo construtor, além de algumas outras direcionadas ao morador da habitação. Após a tabulação e análise dos dados, observou-se que outras informações seriam também relevantes, fato este que gerou outras visitas a campo (julho de 2009, março de 2010 e agosto de 2010) e, a aplicação de um inquérito complementar.

INQUÉRITO 1

Formado por 16 perguntas básicas (listadas a seguir), teve como objetivo registrar informação sobre o processo construtivo e as características específicas da construção em adobe em cada município estudado.

Perguntas:

1. Compra ou produz o adobe? Se produz, como iniciou a produção de adobe? Motivos, como aprendeu a técnica? Se compra, qual o preço?
2. Como são executadas as fundações? São estas impermeabilizadas de alguma forma?
3. De onde são extraídos os solos? Que utensílios são usados na extração?
4. Como é feita a mistura? Quais os traços adotados?
5. Quais as dimensões das fôrmas usadas na produção do adobe? Como são confeccionadas?
6. Como é feita a moldagem/desmoldagem do bloco? Quais os equipamentos utilizados? Quais os cuidados específicos na secagem?
7. Onde e como são armazenados os adobes?
8. Como são assentados os adobes? Que equipamento é utilizado para o assentamento?
9. Como é produzida e aplicada a argamassa de assentamento?
10. Como é feito o revestimento? Se com argamassa, qual o traço e espessura correntemente adotados?
11. Como é realizada a pintura da casa? Qual o material usado (cal, etc.) e que equipamentos são utilizados?
12. Como são executadas as instalações elétricas e hidrossanitárias?
13. Como é executada a cobertura da construção?
14. Qual o tempo médio de construção? Quantas pessoas trabalharam na construção?
15. Quais as dimensões máximas das paredes interiores e exteriores? Qual o vão máximo de portas e janelas? São usadas vergas e contra-vergas?
16. Existe algum cuidado na manutenção da construção?

INQUÉRITO 2

Formado por 11 perguntas básicas (listadas a seguir) teve como objetivo registrar informação sobre o processo construtivo e as características específicas da construção em adobe em cada município estudado, a fim de tornar as respostas mais objetivas.

Perguntas:

1. Como se dá a secagem dos adobes?
2. Tipos de baldrame?
3. Existência ou não de revestimento cerâmico na construção?
4. Dimensão média da habitação?
5. Como se dá a utilização da mão-de-obra?
6. Existência ou não da adição de cal e cimento no reboco?
7. Tipos de madeira na cobertura?
8. Tipos de pintura na habitação?
9. Número de cômodos na habitação?
10. Números de habitantes/casa?
11. Idade média do construtor?

Ambos os inquéritos foram respondidos oralmente pelos construtores e moradores e tabulados posteriormente para esta pesquisa.

3.7. LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO E COLETA E ANÁLISE DE DADOS DOS MUNICÍPIOS - DETALHES CONSTRUTIVOS DAS HABITAÇÕES

Durante as várias etapas da pesquisa, fez-se um levantamento fotográfico dos detalhes construtivos representativos das práticas e soluções construtivas adaptadas nas habitações, formando um acervo de cerca 1.200 fotografias.

Durante as várias etapas da pesquisa, coletaram-se 12kgde amostras de solo e 50 blocos de adobe para a realização de ensaios para a determinação de sua composição e plasticidade. Quanto aos blocos de adobe, determinou-se a sua resistência à compressão. Tais ensaios

foram realizados no Laboratório de Solos e Materiais de Construção da Universidade Federal do Ceará, seguindo as indicações do programa interlaboratorial PROTERRA (UEMA, 2008).

3.8. ENSAIOS REALIZADOS

a) Ensaio de determinação da granulometria do solo

Os ensaios granulométricos foram realizados com amostras de solos recolhidos nos barreiros mais utilizados nos municípios em estudo.

Este ensaio tem como objetivo principal conhecer as dimensões das partículas das amostras dos solos da região, bem como se identificar a proporção entre as mesmas. Utilizou-se o Método da Sedimentação em água destilada, pois as partículas do solo eram muito finas, impossibilitando a utilização do Método do Peneiramento.

O método utilizado baseia-se na Lei de Stokes, a qual diz que partículas em meio aquoso depositam-se com velocidades proporcionais aos seus diâmetros (apostila do LMC/UFC).

Os procedimentos listados a seguir são aqueles relacionados no Manual do Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal do Ceará – LMS/UFC:

- Separação dos finos da amostra do solo com a peneira nº 10 (2,0mm); retira-se cerca de 100g do material que passar na peneira (Figura 3.11);



Figura 3.11. Pesagem de amostra do solo

- Adição de 125cm³ da solução hexametáfosfato de sódio com concentração de 45,7g do sal para 1000cm³ de solução (Figura 3.12);



Figura 3.12. Solo adicionado de hexametáfosfato de sódio

- Repouso da solução na estufa por 24 horas (Figura 3.13);



Figura 3.13. Secagem de amostra do solo na estufa

- Transferência de toda a mistura para o copo do dispersor após as 24 horas (Figura 3.14);



Figura 3.14.Detalhe da mistura no copo do dispersor

- Submeteu-se a mistura à ação do dispersor, por aproximadamente 15 minutos (Figura 3.15);



Figura 3.15.Dispersor

- Transferência do material para uma proveta graduada (Figura 3.16);



Figura 3.16. Proveta com amostra de solo

- Adição de água destilada à proveta até atingir a marca de 1000mL;
- Agitação da proveta, e imediatamente após a agitação colocação da proveta sobre uma bancada, e disparando-se um cronômetro;
- Mergulhou-se o densímetro na proveta;
- Fez-se as leituras do densímetro correspondentes aos tempos de 30s, 1, 2, 4, 8, 15, 30 min, 1, 2, 4, 8, 24h;

Depois de terminadas as leituras, foram despejadas e lavada a solução na peneira nº 200 (0,074mm). O material que ficou retido na peneira foi transferido para uma cápsula e seco na estufa por 24 horas. O material seco foi passado num conjunto de peneiras (1,2 – 0,6 – 0,42 – 0,30 – 0,15 – 0,074mm de diâmetro ou nº 16, 30, 40, 50, 100, 200) sendo então pesadas as proporções que ficaram retidas em cada peneira, e a partir disto são determinadas as granulometrias das amostras de solo estudadas.

b) Ensaio de resistência à compressão

Nos municípios visitados, foram coletados amostras de terra e blocos de adobe. No que se refere a estes últimos, foi necessário fazer a dilaceração de vários exemplares, para que se transformasse novamente em terra, misturando-a, agora, apenas com água, formando uma massa semifluida (Figura 3.17).



Figura 3.17.Preparação da massa para confecção dos corpos de prova

Daí em diante, foram moldados corpos de prova na fôrma com as dimensões de 7,5cm x 7,5cm x 7,5cm (Figura 3.18), conforme orienta o projeto da norma brasileira.



Figura 3.18.Fôrma de madeira com dimensões de 7,5cm x 7,5cm x 7,5cm em cada bloco

Os corpos de prova foram moldados em fôrmas de madeira confeccionadas no próprio Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal do Ceará. Após desmoldados, e depois de secar por três dias, foi feito o capeamento dos corpos de prova com enxofre na forma líquida (em altas temperaturas), a fim de tornar as superfícies (superiores e inferiores) planas e paralelas (Figura 3.19).



Figura 3.19. Processo de capeamento dos corpos de prova

Feito estes processos de capeamento nos lados superiores e inferiores, cortou-se a parte solidificada de enxofre que estava excedente dos corpos de prova (Figura 3.20).



Figura 3.20. Corpos de prova capeados e devidamente identificados

Após o capeamento, foi realizado o ensaio à compressão dos corpos de prova no equipamento do Laboratório de Materiais de Construção da UFC (Figura 3.21).



Figura 3.21. Equipamento utilizado no ensaio de determinação da resistência à compressão

3.9. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Na primeira etapa da metodologia, verifica-se a pouca informação sobre construções em terra no Ceará, já que não se tem nenhuma publicação científica anterior à pesquisa desenvolvida, durante a execução dessa tese de doutoramento. Os dados recolhidos junto ao IPHAN não foram totalmente conclusivos, mesmo com relação ao patrimônio histórico conservado. A área levantada como possibilidade real de existirem construções atuais em adobe, deveu-se não a um mapeamento preliminar desta por algum órgão, por municípios, ou mesmo pelo governo do Estado.

Esses dados foram fruto de pesquisas locais, dentro das áreas com histórico construtivo em terra, e também do mapeamento do IPECE com determinação dos solos na região norte do Estado. Foi feita ampla consulta a construtores populares, marcando assim o início de uma área possível de estudo. Os dados foram fruto de aplicação de questionários nessas comunidades e de amostra de adobes e terra recolhidos das 14 localidades selecionadas, e ensaiados dentro de recomendações do PROTERRA, nos laboratórios de mecânica dos solos e materiais de construção da UFC. Os resultados são objeto de observação no capítulo seguinte e neste capítulo pretendeu-se apenas apresentar as várias etapas do processo investigação desenvolvido.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão discutidos os dados levantados por 22 inquéritos, entrevistas e um levantamento fotográfico, como mostrado na Tabela 4.1. Após isso serão feitas considerações sobre cada item levantado, passando pelo sistema de aquisição, produção e dados relativos às características sociais da construção e uma síntese das informações através de um mapa com o cruzamento dessas informações na geração de conclusões sobre as várias etapas.

Tabela 4.1. Inquéritos efetuados

Localidade	Nº de inquéritos	Consultado	
		Construtores	Moradores
Alcântaras	2	2	-
Ventura	2	1	1
Coreaú	2	-	2
Araquém	3	2	1
Granja	2	1	1
Ipueiras	1	-	1
Marco	1	-	1
Moraújo	2	2	-
Tianguá	2	2	-
Uruburetama	2	-	2
Viçosa do Ceará	3	2	1

Os inquéritos desenvolvidos nesses municípios tem uma amostragem relevante, já que são municípios de pequeno porte, e com uma pequena quantidade de construtores populares ou produtores de adobe, figura que em geral acumula a função de produzir e construir. O número de construções consultado por município corresponde praticamente a totalidades dos construtores nomeados pela população.

Em municípios em que a autoconstrução tem um papel mais relevante como Uruburetama e Marco, o morador entrevistado participou da produção e da construção da própria moradia. Não se observou grande número de construtores populares, sendo sempre, no máximo, três ou quatro por localidade e notou-se também que se deslocam bastante entre os municípios próximos, o que mantém uma padronização informal, na seleção dos solos no tamanho do adobe, nos procedimentos de execução, e na tipologia das edificações construídas. A Figura 4.1 apresenta um mapeamento com o número de inquéritos desenvolvidos por município.

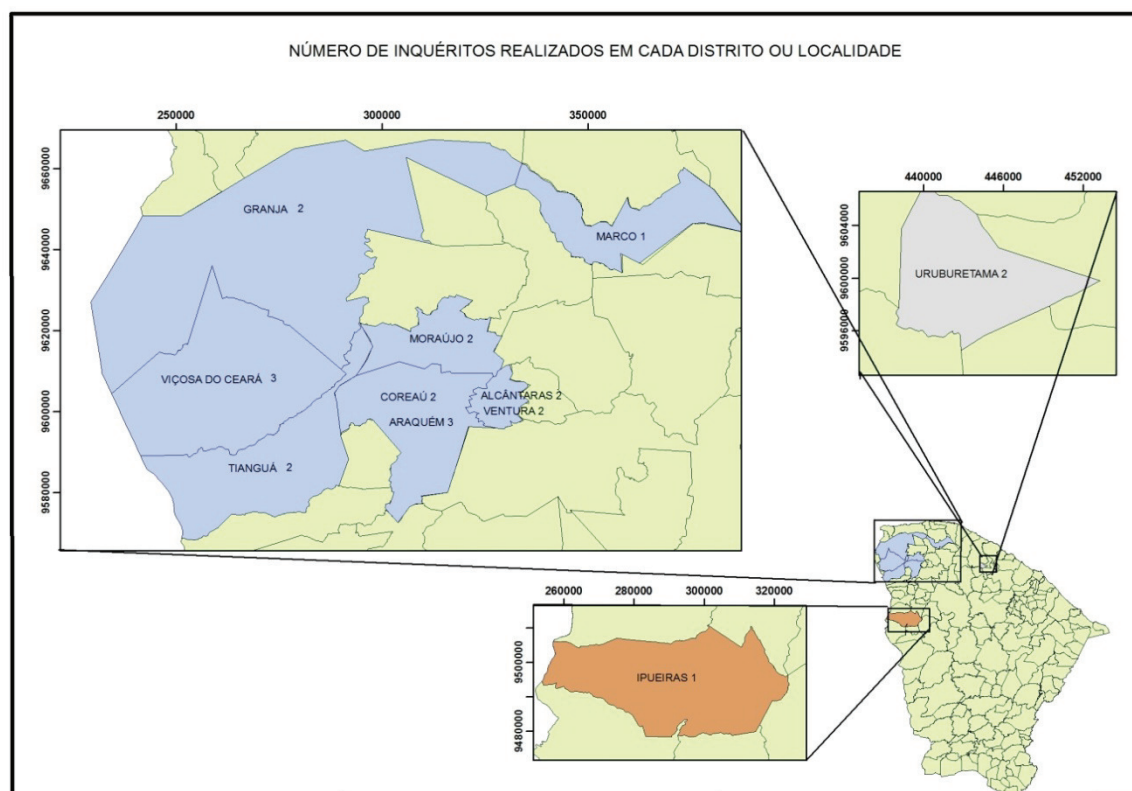


Figura 4.1. Número de inquéritos realizados em cada distrito ou localidade

4.2. PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo dos adobes é bastante diversificado, variando de município para município, podendo ser produzidos pelos próprios moradores, ou construtores, bem como comprados, num processo comercial semelhante aos tijolos convencionais (Tabela 4.2).

Na tabela 4.2 apresentam-se as diferenciações entre os vários municípios com relação a produção ou compra dos blocos de adobe (dados de agosto de 2010). Alguns municípios, como Alcântaras e Uruburetama tiveram mais de uma amostragem.

Tabela 4.2. Aquisição e preço do adobe

Localidade (zona de amostragem)		Aquisição de adobe	Preço do milheiro (R\$)
Alcântaras	Amostra 1	Produz	-
	Amostra 2	Produz	-
Ventura		Produz	-
Coreaú		Compra	Até 100,00
Araquém		Compra	Até 100,00
Granja		Produz	-
Ipueiras (Vereda do Júlio)		Produz	-
Marco		Produz	-
Moraújo		Produz	-
Tianguá		Produz	-
Uruburetama	Amostra 1	Compra	Até 100,00
	Amostra 2	Compra	Até 100,00
	Amostra 3	Compra	Até 100,00
Viçosa do Ceará		Compra	Acima de 100,00

4.2.1. Produção e aquisição dos blocos de adobe

Os municípios notadamente situados em regiões de serra sempre tiveram dificuldades logísticas, no transporte de tijolos tradicionais e assim a fabricação dos adobes tem sido desenvolvida até hoje, junto aos vários barreiros, nos seus distritos, havendo características bastante diferenciadas, dependendo do barreiro utilizado.

O Município de Alcântaras tem produção de adobe junto a dois barreiros, essa atividade muitas vezes é desenvolvida por famílias que também são, em geral, contratadas na construção das moradias.

As duas áreas de retirada de terra situam-se a quase 7km de distância uma da outra, o que caracteriza uma ampla diferenciação dos grupos que a utilizam.

O Distrito de Ventura também segue a mesma caracterização, mas com apenas um barreiro principal utilizado pela comunidade para a produção do adobe.

Em Coreaú e Araquém temos um processo bastante diferenciado. O município de Coreaú apresenta sua sede com padrões arquitetônicos bastante atuais e um processo de urbanização crescente, o que no interior do Estado significa muitas vezes a substituição do processo construtivo tradicional. As construções em adobe, no entanto se preservam na periferia do município, com características bastante peculiares, sendo que a utilização de tijolos vermelhos furados como baldrame em casas de adobe tradicionais chama a atenção. Os conhecimentos empíricos das características térmicas do adobe ajudam na manutenção da sua utilização como sistema construtivo, já que o conceito da casa fria, durante o dia é bem aceito pelas comunidades.

O acesso aos tijolos industrializados se deve basicamente a doações de 1 ou 2 milheiros para as famílias, para fins unicamente eleitorais.

Um pouco mais distante da sede municipal, cerca de 9km, tem-se o Distrito de Araquém, que caracteriza-se como um dos mais importantes aglomerados urbanos com construção em terra no Estado do Ceará. Araquém é um dos mais antigos distritos da região, e anterior aos principais municípios do seu entorno. Oriundo dos sécs. XVII e XVIII, o distrito e ex-município, tem um conjunto arquitetônico de raro valor. Aqui ainda se produz o adobe pelos próprios moradores na expansão e manutenção das suas casas, bem como na construção de muros, prática pouco vista na região.

Nos municípios de Moraújo e Viçosa do Ceará temos amplas diferenças no processo de produção. Em Moraújo temos uma produção de adobe em menor escala, mas uma produção disseminada em toda a extensão do município. Em Viçosa do Ceará tem-se a possibilidade de se observar uma volta ao processo de construção em adobe, com um hiato de várias décadas, substituindo a construção com sistema de tijolos industrializados. A sede do município constitui um dos maiores conjuntos de construção em adobe, dos sécs. XVIII e XIX no Ceará, conjunto tombado e estudado amplamente pelo IPHAN, no entanto, os seus distritos onde se concentra uma população semi-rural apresentavam construções em grande escala da chamada lajota (tijolo furado tradicional). No entanto, hoje, segundo relato dos próprios moradores, a partir do final dos anos 80 do século passado, há aproximadamente 30 anos nos seus vários distritos, especialmente, Santo Expedito, um dos mais populosos, vem se desenvolvendo uma

retomada, das construções tradicionais em adobe, já havendo uma malha produtiva em torno dele bastante diversificada.

A produção pode ser vendida em menores quantidades ou em milheiros por pelo menos 3 produtores na região, a construção pode ser contratada a esses mesmos produtores, que trabalham em geral na diária. No final de 2010 tinha-se mais de 100 casas notadamente em adobe, e outras várias em construção, sendo agora comuns as casas de adobe tomando o lugar das casas de taipa de mão, utilizando a mesma terra da construção demolida. Um detalhe de relevância nesses construtores em Viçosa do Ceará é que em sua totalidade, pertencem a uma mesma família e todos oriundos do Estado do Maranhão, de regiões rurais com ampla utilização de adobe em suas construções. Talvez essa pequena onda migratória explique a volta das construções em adobe nessa região, mas sem dúvida que o excelente nível de acabamento, e o custo sempre mais baixo relativamente a sistemas de tijolo furado têm ajudado na sua preservação.

No município de Ipueiras, em especial no Distrito Vereda do Júlio, se produz adobe, mas nota-se hoje uma rápida substituição do sistema por tijolos queimados. A produção localiza-se na região da serra e sem muita utilização nas proximidades da sede do município.

No Município de Uruburetama, região serrana, a cerca de 120km de Fortaleza, capital do Estado, tem-se uma região bastante acidentada, e com 3 núcleos de produção de adobe. Devido às dificuldades de acesso entre essas pequenas localidades, suas moradias são construídas em quase sua totalidade em adobe, e produzidas pelos próprios moradores.

No município de Granja, e em seus distritos tem-se um fator extremamente relevante, que é a questão da propriedade da terra, assim como em Marco e Tianguá. Nestes municípios os adobes produzidos na comunidade, mas com um fator diferencial, já que o dono da terra é o mesmo, em quase toda a extensão do município. Só permitindo aos moradores a construção em terra crua de modo a restringir as indenizações no caso da retirada dessas comunidades. Fato esse que caracteriza o preconceito da construção em terra, e sua identificação como subconstrução, curiosamente ajudando a manter a tradição do adobe no município.

4.2.2. Fôrmas utilizadas e processo de secagem

As fôrmas executadas são bastante semelhantes, confeccionadas em madeira local e com as mesmas dimensões, 40cm x 22cm x 7cm (Figuras 4.4 e 4.5). Um detalhe interessante é a

fôrma trapezoidal para utilização na construção de poços na Região de Granja (Figura 4.5) facilitando assim a curvatura necessária a sua execução.



Figura 4.2.Fôrma dupla do município de Viçosa do Ceará



Figura 4.3.Fôrma dupla para adobes de poço do município de Granja



Figura 4.4.Fôrma simples do município de Granja

Interessante notar que as fôrmas são executadas na própria comunidade, de madeira nativa. Em algumas localidades tem-se a utilização da forma inclinada encontrada em Granja, teria sido utilizada, nos últimos trinta anos na construção de poços na região.

As fôrmas são basicamente individuais ou duplas, sendo na maioria dos municípios utilizadas fôrmas duplas, todas de confecção artesanal, em madeira e em alguns casos, como Viçosa do Ceará, verifica-se a utilização de fôrmica internamente para facilitar a desforma (Tabela 4.3). Os processos de secagem dividem-se basicamente em secagem ao sol ou à sombra, inexistindo aqui processos de meia sombra. Os blocos são posicionados apoiados lado a lado, com variações de 3 a 5 dias de secagem ao sol, e de 5 a 7 dias de secagem à sombra. Foram verificadas quantidades superiores a 500 blocos de adobe por zona de secagem, essas sempre concentradas junto aos barreiros utilizados (Figuras 4.2 e 4.3).



Figura 4.5. Secagem de adobes no município de Uruburetama



Figura 4.6. Secagem de adobes no município de Viçosa do Ceará

Tabela 4.3. Tipos de secagem e fôrmas utilizadas por localidade

Localidade (zona de amostragem)		Tipo de secagem	Tipo de fôrma
Alcântaras	Amostra 1	Sombra	Dupla
	Amostra 2	Sombra	Dupla
Ventura		Sol	Dupla
Coreaú		Sol	Dupla
Araquem		Sombra	Dupla
Granja		Sol	Dupla
Ipueiras		Sol	Simples
Marco		Sol	Dupla
Moraújo		Sol	Dupla
Tianguá		Sol	Dupla
Uruburetama	Amostra 1	Sol	Simples
	Amostra 2	Sol	Simples
	Amostra 3	Sol	Simples
Viçosa do Ceará		Sombra	Dupla

4.2.3. Mão de obra utilizada na construção

Na esmagadora maioria dos casos, a mão de obra utilizada é contratada (Figuras 4.7 e 4.8), desmistificando o fato da utilização da autoconstrução na maioria dessas comunidades rurais. Apenas nos municípios de Uruburetama e Granjanota-se a utilização exclusiva de autoconstrução, devido a concentrações de habitações muito espaçadas e com grande distanciamento entre as localidades (Tabela 4.4).

Tabela 4.4. Tipo de mão de obra utilizada na produção dos adobes por localidade

Localidade (zona de amostragem)		Tipo de mão de obra
Alcântaras	Amostra 1	Mão de obra contratada
	Amostra 2	Mão de obra contratada
Ventura		Mão de obra contratada
Coreaú		Mão de obra contratada
Araquem		Mão de obra contratada
Granja		Auto construção
Ipueiras		Mão de obra contratada
Marco		Mão de obra contratada
Moraújo		Mão de obra contratada
Tianguá		Mão de obra contratada
Uruburetama	Amostra 1	Auto construção
	Amostra 2	Auto construção
	Amostra 3	Auto construção
Viçosa do Ceará		Mão de obra contratada



Figura 4.7. Adobeiro contratado para a produção de adobe em Viçosa do Ceará



Figura 4.8. Morador produzindo adobe em Uruburetama

4.2.4. Dimensões e assentamento

Praticamente em todos os municípios utilizam-se adobes com dimensões aonde o comprimento é o dobro da largura do bloco, tendendo a blocos de comprimentos variando de 27 a 40cm e com largura de 14 a 20cm. A altura do bloco praticamente não sofre variações nas localidades em estudo, tendo como medida de 7 a 7,5cm, mesmo em construções notadamente mais antigas (com mais de 50, 60 anos). Assim, percebe-se que não houve grandes variações das dimensões dos adobes em relação as construções atuais (Tabela 4.5).

À exceção do município de Marco, todos os distritos pesquisados se utilizam da própria massa de adobe sem adições no assentamento das paredes. Em Marco foi adicionado cimento nas várias construções levantadas, sendo pela observação feita, prática comum e histórica dessa utilização.

No que se refere ao reboco, apesar de várias das construções estudadas não o apresentarem, parece ser usual a sua utilização externa e internamente, mesmo após alguns anos de construção. Em quase todos os municípios e distritos, nota-se a utilização de cal nos rebocos.

No distrito de Marco, como já seria esperado, pela utilização de cimento no assentamento de suas paredes, notou-se também a utilização de cimento, no reboco o que parece gerar uma série de patologias relacionadas a umidade nas paredes já executadas. O traço dos rebocos executados de maneira empírica também já apresentam fissurações aparentes em suas superfícies. Os municípios de Tianguá e Granja também fazem utilização do cimento no reboco uma prática convencional e bastante disseminada entre suas construções.

Ao longo de todo este capítulo, se terá mapeamentos que abranjam de 3 a 4 características por localidade, logo após os dados serem apresentados em tabelas, assim permitindo uma visão mais global e inter-relacionada entre elas e uma análise cruzada de informações (Figura 4.9).

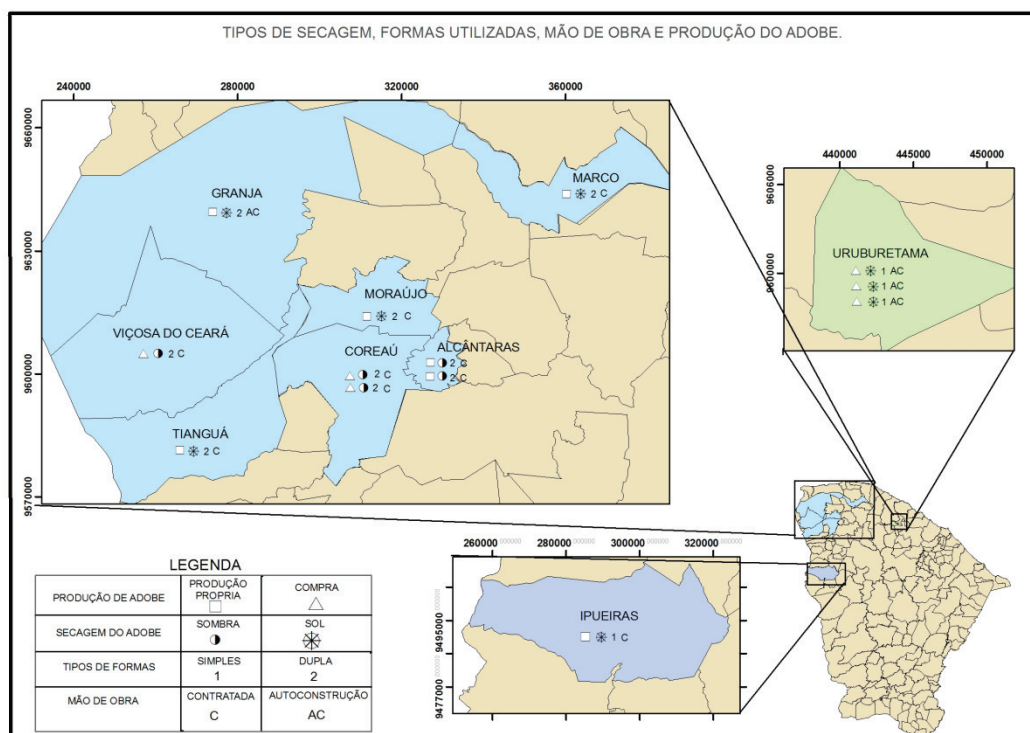


Figura 4.9. Tipo de secagem, fôrmas utilizadas, mão de obra e produção de adobe na região analisada

Tabela 4.5. Dimensões de adobe e assentamento por localidade

Localidade (zona de amostragem)		Dimensões (cm)	Assentamento	Reboco
Alcantaras	Amostra 1	30 x 20 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
	Amostra 2	27 x 14 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
Ventura		30 x 20 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
Coreau		40 x 22 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
Araquem		40 x 22 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
Granja		40 x 20 x 7	Argamassa de terra	Adição de cimento
Ipueiras		30 x 19 x 7,5	Argamassa de terra	Adição de cal
Marco		40 x 20 x 7	Argamassa de terra com cimento	Adição de cimento
Moraújo		40 x 22 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
Tianguá		40 x 22 x 7	Argamassa de terra	Adição de cimento
Uruburetama	Amostra 1 - Retiro	28 x 14 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
	Amostra 2	28 x 14 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
	Amostra 3	28 x 14 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal
Viçosa do Ceará		40 x 22 x 7	Argamassa de terra	Adição de cal

4.3. ENSAIOS REALIZADOS

Foram executados ensaios granulométricos nas várias amostras de barreiros, com análise de granulometria por sedimentação. As resistências mecânicas nas amostras de adobe variaram de 1 até 2MPa tendo sido seguidas as determinações do projeto da Norma Brasileira de adobe, e as recomendações da rede PROTERRA, já citados no capítulo da metodologia.

Tabela 4.6.Caracterização granulométrica de solos na região em estudo

		Granulometria(%)				
Localidade (zona de amostragem)		Areia grossa	Areia média	Areia fina	Silte	Argila
Alcântaras	Amostra 1	4	22	28	26	20
	Amostra 2	9	23	18	27	23
Viçosa do Ceará		-	-	-	-	-
Coreaú/Araquém		4	5	25	40	26
Moraújo		5	5	31	36	23

No Município de Alcântaras, apesar de se utilizarem barreiros diferentes, em seus distritos,não se verificou valores de resistência muito diferentes, todos variando de 1 até 1,3mpa.

Em Coreaú, bem como no seu Distrito de Araquém, notou-se valores iguais de 1mpa em seus corpos de prova ensaiados, o que também acontece no município de Araújo.

Já em Viçosa do Ceará, com um histórico de construções em adobe bastante relevante, verificaram-se valores de 1,7MPa, retirados basicamente de 2 barreiros situados no distrito de Santo Expedito, situado a cerca de 7km da sede do município.

Em Ipueiras, no distrito denominado Vereda do Júlio, também se verificou valores de 1,82MPa nas construções atuais em adobe, retirada de um único barreiro na localidade.

Em Uruburetama, foram ensaiados corpos de prova de 3 barreiros utilizados pela comunidade, situados no distrito de Retiro que se encontram bastante distantes uns dos outros topograficamente, alcançando valores de 1,47, 1,65 e 2,0MPa.

O Município de Marco apresenta um único barreiro com um histórico de construções em terra, também tradicionais, tendo o valor de 1,86MPa de resistência mecânica à compressão. Tianguá com 2 barreiros, e com habitações em adobe situadas em zonas rurais, alcançou valores de 1,3MPa. Granja identificou-se um único barreiro, e obteve-se como resultado de resistência um valor de 1,14MPa. Na Figura 4.10 confrontam-se as dimensões dos adobes e a resistência mecânica por localidade.

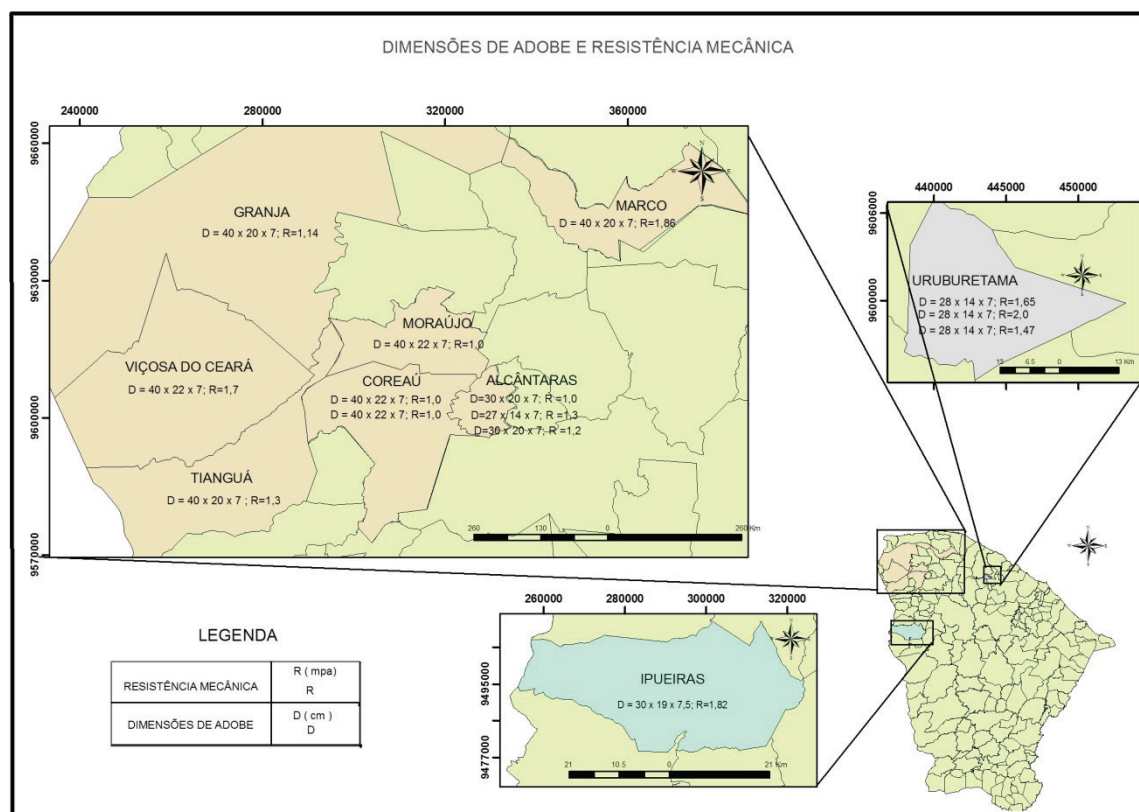


Figura 4.10. Dimensões dos adobes e resistência mecânica por localidade

Tabela 4.7. Resultados dos ensaios de resistência mecânica por localidade, valores médios.

Localidade (zona de amostragem)		Resistência mecânica (MPa)
Alcântaras	Amostra 1	1,03
	Amostra 2	1,32
Ventura		1,21
Coreaú		1,02
Araquem		1,02
Granja		1,14
Ipueiras		1,82
Marco		1,86
Moraújo		1,02
Tianguá		1,30
Uruburetama	Amostra 1	1,65
	Amostra 2	2,00
	Amostra 3	1,47
Viçosa do Ceará		1,71

4.4. TIPOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

As casas, nos 14 municípios e distritos levantados, apresentam tipologia típica da casa do Semiárido nordestino, ou seja, planta em geral tendendo ao formato quadrado, poucas aberturas, geralmente nas fachadas de orientação leste, e combogós nas paredes de fundo, para ventilação cruzada.

Não há uma caracterização de um estilo arquitetônico predominante, nem detalhes que remontem a alguma linguagem estética explícita.

São construções básicas, praticamente atemporais, com telhados em duas águas apoiadas em paredes dobradas, em algumas localidades. E utilização em grande escala de varandas, que se utiliza como espaço de convívio, e eventualmente como quarto.

Essa casa típica do semiárido cearense apresenta poucas divisões internas, não tendo ainda, ao contrário das habitações urbanas, uma distinção mais clara do espaço de convívio comum e privado.

Nos municípios de influência mais urbana, ou em geral mais próxima à sede dos municípios, nota-se um novo desenho da planta dessa edificação. Os quartos passam a denotar um espaço privativo, a cozinha se abre para as áreas de convívio, notadamente para a sala, e o nível de

acabamento passa a copiar modelos do tipo “classe média” das moradias nas sedes municipais.

O acesso à informação, e os signos de status referentes à habitação, sem dúvida já existem em algumas localidades. Isto se deve sem dúvida ao aproximar do padrão estético dessas construções, e seu acabamento, como revestimentos, denotam uma linguagem mais próxima à periferia das grandes cidades, do que a habitações rurais do semiárido.

As Figuras 4.11 e 4.12 mostram exemplos de uma construção com mais de 100 anos em Ipueiras, e de uma construção recente com adobe em Coreaú.



Figura 4.11. Conjunto de casas centenárias em adobe no município de Ipueiras



Figura 4.12. Casa em adobe em Coreaú

Será mostrado a seguir o detalhamento das características construtivas das construções por localidade.

4.4.1. Baldrame e madeiramento de coberta

O Município de Alcântaras, em seus 3 distritos levantados, apresentou baldrame em pedra granítica de aproximadamente 40 a 50cm de altura, e geralmente mantendo a mesma largura das paredes. Já em Coreaú notam-se curiosamente, como em Moraújo, tijolos furados convencionais, utilizados como baldrame. Estes tijolos em sua maioria são produtos de doação em períodos eleitorais, e em pequena quantidade, incapazes em número de serem utilizados em vedações.

Em Araquém, de todas as localidades visitadas, é a única que apresenta baldrame em seixo rolado, fato notado inclusive nas construções antigas, oriundas dos séculos XVII e XIX. As restantes localidades apresentam em sua totalidade baldrames em pedra granítica. Podem-se ver nas Figuras 4.13, 4.14, 4.15 e 4.16 detalhes de baldrames em alguns municípios.



Figura 4.13. Baldrame em pedra com acabamento com argamassa de cimento no Município de Marco



Figura 4.14. Baldrame em pedra tosca em Uruburetama



Figura 4.15. Baldrame em tijolo furado em Coreaú



Figura 4.16. Baldrame em pedra em Araquém

Tabela 4.8. Tipos de baldrame/Madeiramento de cobertura por localidade

Localidade		Baldrame	Madeiramento de cobertura
Alcântaras	1	Pedra	Madeira de desgalhe
	2	Pedra	Madeira de desgalhe
Ventura		Pedra	Madeira de desgalhe
Coreaú		Tijolo furado	Madeira beneficiada
Araquem		Seixo rolado	Peça de Carnaúba
Granja		Pedra	Peça de Carnaúba
Ipueiras		Pedra	Madeira de desgalhe
Marco		Pedra	Madeira de desgalhe
Moraújo		Tijolo furado	Madeira de desgalhe
Tianguá		Pedra	Madeira beneficiada
Uruburetama	1	Pedra	Madeira de desgalhe
	2	Pedra	Madeira de desgalhe
	3	Pedra	Madeira de desgalhe
Viçosa do Ceará		Pedra	Madeira de desgalhe

No madeiramento de cobertura observou-se que em mais de 80% das localidades, as construções apresentam uso de madeira nativa da região, entre elas o cipó-preto, e o sabiá,

madeiras de desgalhe, ou de árvores arbustivas na localidade (Figuras 4.17e 4.18). No distrito de Araquém notou-se a utilização de carnaúba, com tratamento rudimentar de queima, e banho de óleo, e em 3 edificações foi notada a retirada parcial da casca.

Nos municípios de Coreau e Tianguá foi verificada, em sua totalidade, a utilização de caibros e ripas, de madeira beneficiada, em especial a muiracatiara e maçaranduba.

A grande maioria das cobertas é em telha colonial de barro, em duas águas. E um detalhe interessante do ponto de vista histórico é que em algumas construções em Ipueiras a datação das casas mais antigas podem ser obtidas a partir de gravação nas telhas, do ano de sua produção, que identifica o período da construção(Figura 4.19).



Figura 4.17.Utilização de madeira nativa em Viçosa do Ceará

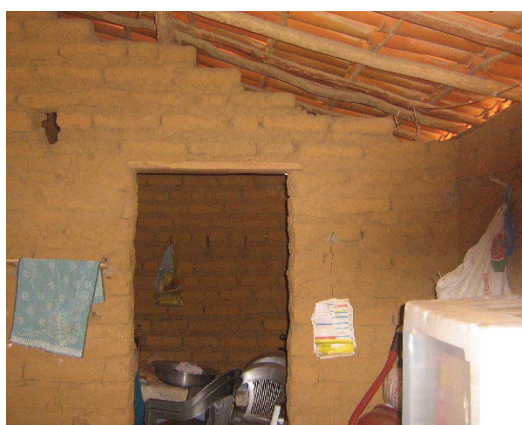


Figura 4.18. Utilização de madeira nativa em Granja



Figura 4.19. Detalhe da inscrição na telha em Ipueiras de obra datada de 1901

A Figura 4.20 apresenta o mapeamento dos tipos de argamassa de assentamento e de reboco utilizados e a variedade do tipo de baldrame por localidade visitada.

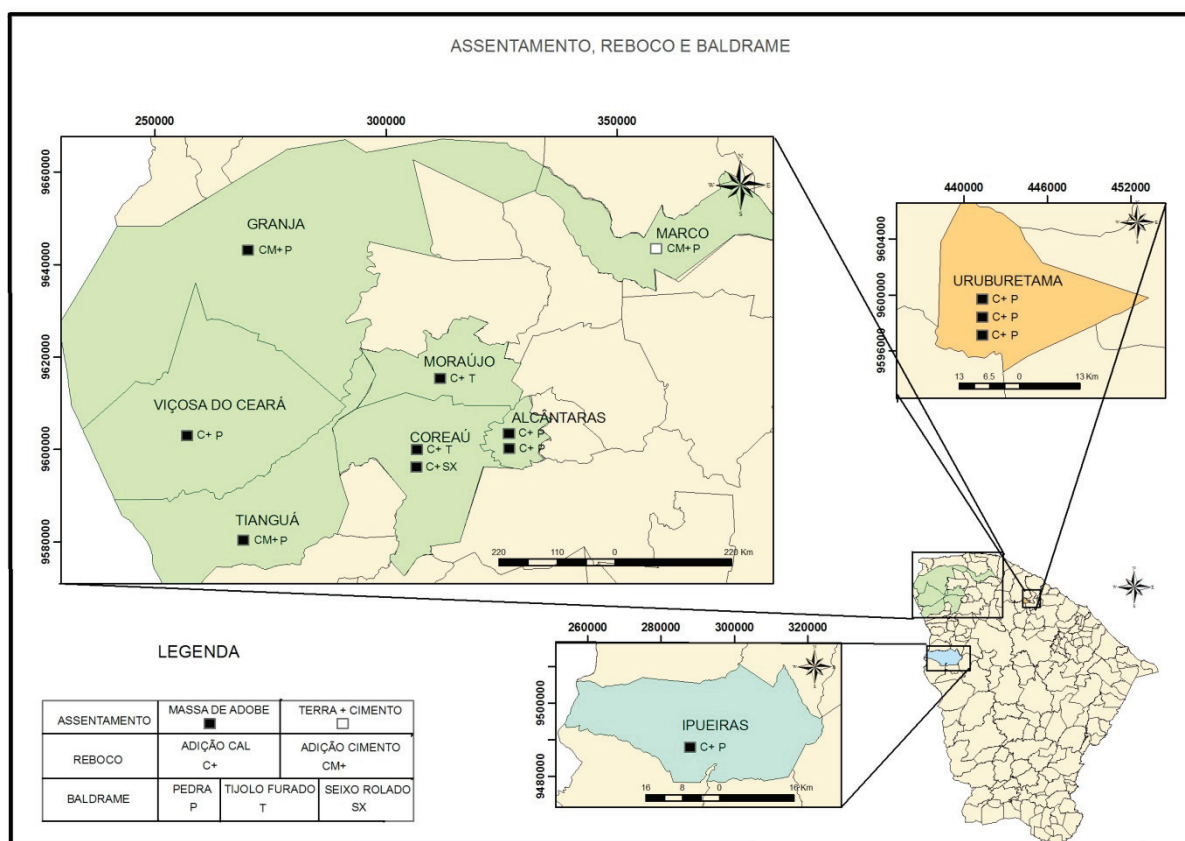


Figura 4.20. Tipos de assentamento, reboco e baldrame utilizados por localidade visitada

A utilização de revestimento cerâmico é bastante limitada e ocupa apenas uma pequena parcela dos cômodos das edificações. Em sua maioria, o piso das salas é revestido com o tijolo cerâmico furado, conhecido popularmente como lajota, ou então se utiliza o piso de cimento queimado liso.

Em cinco localidades verificou-se a utilização de cerâmica nos pisos das salas. Em Alcântaras e Viçosa do Ceará esses revestimentos estavam nos banheiros, em Ventura e Coreaú os quartos tinham o piso revestido, em Marco e Tianguá não se verificou a utilização de cerâmica de revestimento em nenhum cômodo, talvez pela localização bastante rural destes municípios, e estando afastados de um centro urbano maior.

4.4.2. Tipos de vergas, instalações e revestimento

As vergas e contravergas são em sua totalidade de madeira ou concreto. As instalações hidrossanitárias dividem-se em instalações internas e externas, sem preponderância de nenhum tipo. Quando são internas, estas são escavadas nas paredes de adobe, com um cunhal metálico e quando são externas se utilizam de tubulações de PVC.

Tabela 4.9. Tipo de vergas, instalação hidráulica e revestimento por localidade

Localidade		Vergas e contravergas	Instalação hidráulica	Revestimento	
				Cerâmico	Por pintura
Alcântaras	1	Madeira/concreto	Interno	Banheiro	Cal
	2	Madeira/concreto	Interno	Sala	Cal
Ventura		Madeira/concreto	Interno	Quarto	Cal
Coreaú		Madeira/concreto	Externo	Quarto	Cal
Araquém		Madeira/concreto	Externo	Sala	Cal
Granja		Madeira/concreto	Interno	Não utiliza	Cal
Ipueiras		Madeira/concreto	Interno	Sala	Cal
Marco		Madeira/concreto	Externo	Não utiliza	Outro
Moraújo		Madeira/concreto	Externo	Sala	Cal
Tianguá		Madeira/concreto	Externo	Não utiliza	Outro
Uruburetama	1	Madeira/concreto	Interno	Não utilizado	Cal
	2	Madeira/concreto	Interno	Não utiliza	Cal
	3	Madeira/concreto	Interno	Não utiliza	Cal
Viçosa do Ceará		Madeira/concreto	Interno	Banheiro	Cal

No que se refere à pintura, verificou-se em 12 localidades, a utilização de pintura à base de cal, que ajuda na ausência de patologias originadas por tintas impermeabilizantes. As paredes, inclusive com umidade por capilaridade, se mantêm íntegras. Sem essas patologias, o custo da

tinta à base de cal, bem como a pouca necessidade de mão de obra qualificada, ajuda na opção por esse sistema de pintura. Apenas em Marco e Tianguá foram verificadas tintas acrílicas, especificamente, texturas acrílicas nas fachadas dessas construções.

Têm-se a ampla utilização de vergas e contravergas de madeira e concreto disseminadas por todos os municípios sem uma predominância maior por nenhuma delas (Figuras 4.21, 4.22 e 4.23).



Figura 4.21. Verga em madeira em construção atual



Figura 4.22. Verga em madeira em habitação de 1901



Figura 4.23.Verga em concreto

A Figura 4.24 apresenta os tipos de verga, instalações hidráulicas, revestimento cerâmico e pintura utilizados por localidade visitada.

Na Tabela 4.9, vê-se os tipos de verga, instalações hidráulicas e revestimento cerâmico e de pintura especificado por localidade.

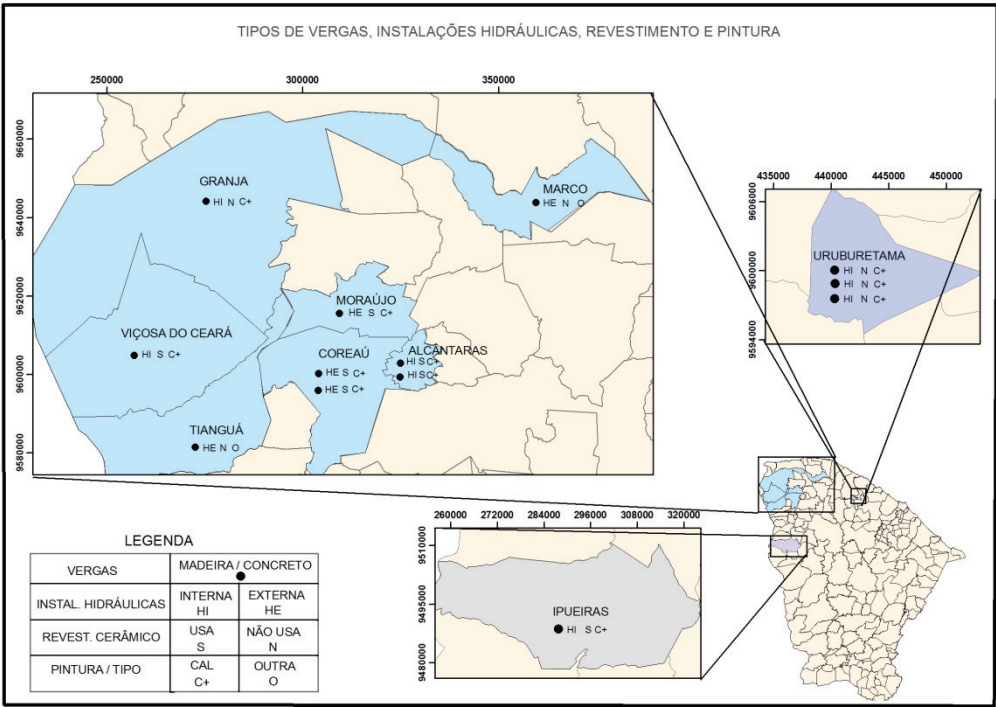


Figura 4.24.Tipos de verga, instalações hidráulicas, revestimento e pintura utilizada por localidade visitada

As instalações hidráulicas se alternam entre externas e internas nas várias localidades. Em instalações internas têm sido costumeiramente utilizada argamassa de cimento na vedação dos rasgos para sua colocação.

No revestimento de pintura, nota-se a predominância da pintura à cal, notadamente pelo baixo custo. Em localidades com uma maior influência urbana, verifica-se a utilização inadequada tecnicamente de tintas acrílicas, látex e texturas.

4.4.3. Dimensão média das habitações e número de cômodos

As construções em praticamente todos os municípios estão entre 41 a 70m², com média em torno de 55m². Nos municípios de Moraújo, e nos três distritos de Uruburetama, as casas ficam entre 30 a 40m², são casas menores, com uma constituição mais básica, casas geralmente oriundas de antigas casas de taipa de mão, ou tabique, conservando as mesmas medidas das habitações originais, que convivem ainda junto às habitações em adobe.

A grande maioria das casas tem até três cômodos, quarto, sala, que no mesmo vão concentra uma pequena cozinha e banheiro. Esse espaço da sala também faz função de dormitório. Apenas no distrito de Uruburetama se viu, a função da cozinha, realmente delimitada, e em algumas construções se nota a figura do segundo quarto, situado no fundo da casa, junto à cozinha (Tabela 4.10).

Tabela 4.10. Dimensão média das habitações e número de cômodos por localidade

Localidade		Dimensão da habitação (m ²)	Nº de cômodos
Alcântaras	1	41 a 70	4 a 5
	2	41 a 70	4 a 5
Ventura		41 a 70	4 a 5
Coreaú		41 a 70	Até 3
Araquém		41 a 70	Até 3
Granja		41 a 70	Até 3
Ipueiras		41 a 70	Até 3
Marco		41 a 70	Até 3
Moraújo		30 a 40	Até 3
Tianguá		41 a 70	Até 3
Uruburetama	1	30 a 40	Até 3
	2	30 a 40	Até 3
	3	30 a 40	Até 3
Viçosa do Ceará		41 a 70	Até 3

4.5. CARACTERÍSTICAS SOCIAIS DAS FAMÍLIAS RESIDENTES NAS CONSTRUÇÕES DE ADOBE

À exceção de Viçosa do Ceará e Granja, com uma média de 5 pessoas por habitação, no restante das localidades estudadas, se tem mais de 6 pessoas por casa em média. Esses dados nos levam a notar a precariedade das divisões, bem como da versatilidade das funções dentro do projeto original. No que se refere à idade média do construtor, esse dado foi colocado nos inquéritos de maneira a demonstrar a manutenção (ou não) da técnica construtiva.

Na conservação de algumas localidades, a técnica dava indicativo da sua não manutenção, pela idade elevada de seus construtores, como em Moraújo, Coreaú e Araquém, que já demonstra um enfraquecimento dessa passagem para novas gerações.

Nas outras 11 localidades verifica-se uma nova geração de construtores entre os 20 e 35 anos, basicamente já filhos de outros construtores, o que nos mostra a preservação da técnica de construção em terra em boa parte dos municípios levantados (Tabela 4.11).

Apresenta-se na Figura 4.25 um mapeamento da dimensão de habitação do número de cômodos, e do número de moradores por habitação de forma esquemática.

Tabela 4.11. Número de moradores por habitação e idade média do construtor

Localidade	Nº de moradores/habitação		Idade média do construtor
Alcântaras	1	6-7 ou mais	20-35 anos
	2	6-7 ou mais	20-35 anos
Ventura		6-7 ou mais	20-35 anos
Coreaú		6-7 ou mais	Acima de 50 anos
Araquém		6-7 ou mais	Acima de 50 anos
Granja		Até 5	20-35 anos
Ipueiras		6-7 ou mais	36-50 anos
Marco		6-7 ou mais	20-35 anos
Moraújo		6-7 ou mais	Acima de 50 anos
Tianguá		6-7 ou mais	20-35 anos
Uruburetama	1	6-7 ou mais	36-50 anos
	2	6-7 ou mais	36-50 anos
	3	6-7 ou mais	36-50 anos
Viçosa do Ceará		Até 5	36-50 anos

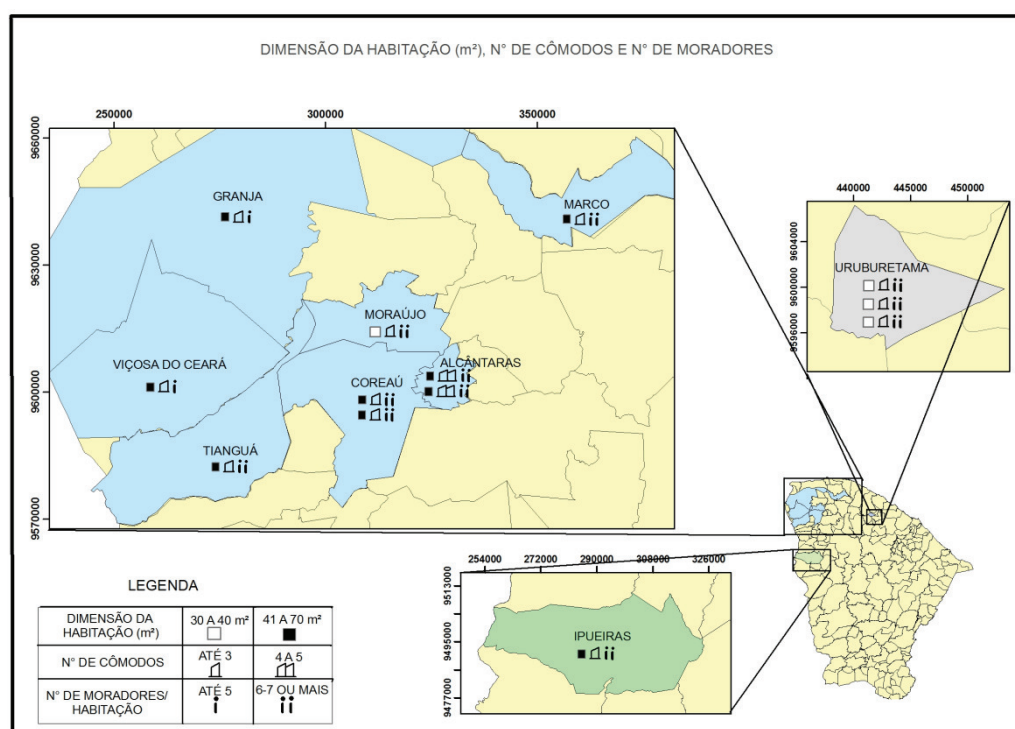


Figura 4.25. Dimensão da habitação, número de cômodos e número de moradores por habitação

4.6. ANÁLISE DOS DADOS E SÍNTESE DO CAPÍTULO

O Capítulo 4 aborda os resultados obtidos na pesquisa de campo e que, basicamente, desconstroem alguns mitos sobre a construção em terra no Ceará.

Observa-se na Figura 4.26 que o processo construtivo do bloco é bastante homogêneo nas habitações pesquisadas, sendo que mais de 80% dos blocos são secos ao sol, e que 80% recorrem à utilização de fôrma dupla. Observa-se ainda que a dimensão mais freqüente do bloco é a de 40cm x 22cm x 7cm. Blocos de dimensões diferenciadas, e fora de um padrão mais aceito como comum, acabaram sendo pouco encontrados, apenas em construções em fase de desmonte, ou muito antigas, isoladas de núcleos mais recentes de construção.

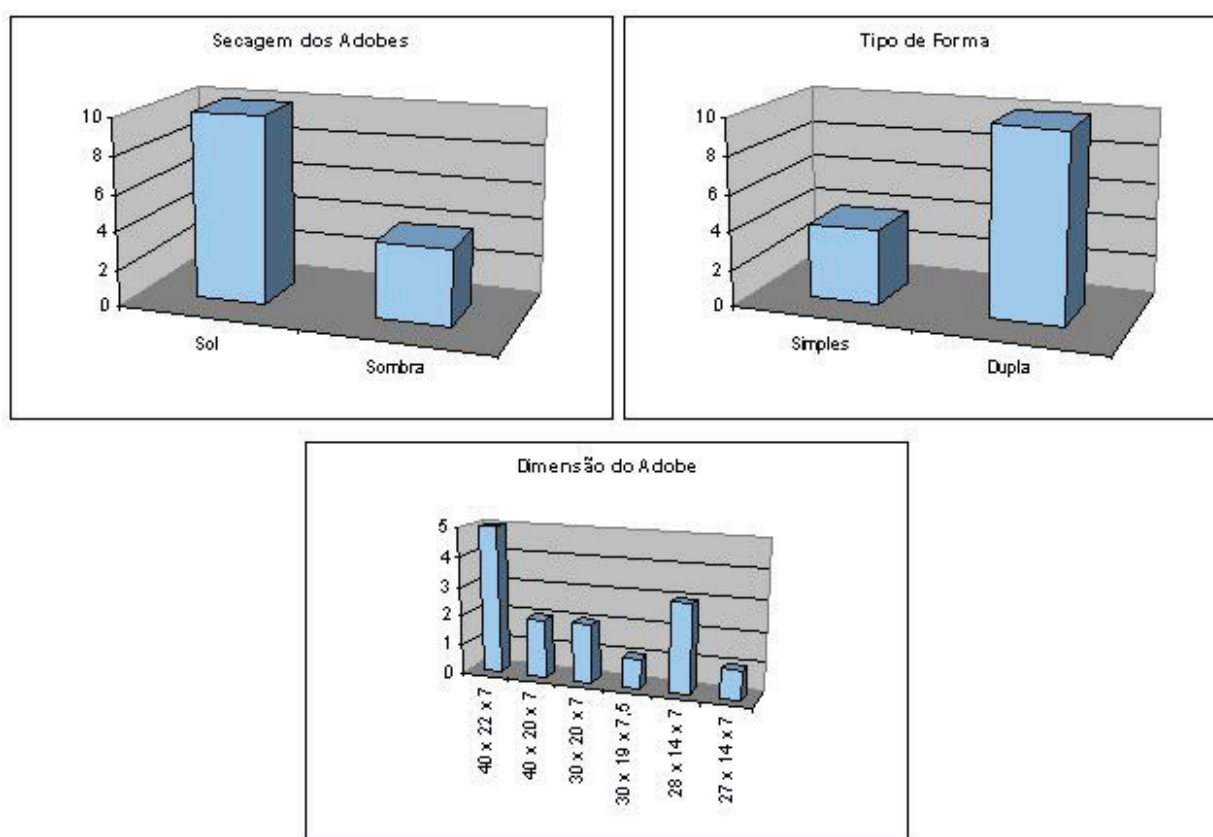


Figura 4.26. Resumo das características produtivas e dimensão do adobe na região estudada

No que se refere aos aspectos construtivos da habitação em adobe, observa-se na Figura 4.27 que o tipo de baldrame mais comum é o de pedra (78%); o baldrame em tijolo vermelho foi encontrado, em sua maioria, em localidades mais próximas de sedes de municípios, como consequência de uma incorporação de materiais comercialmente mais utilizados nos centros desses municípios. O madeiramento da cobertura, em geral, é feito com madeira nativa (71%);

com pouca utilização de madeira beneficiada. A instalação hidráulica, em 64% das habitações pesquisadas encontra-se no interior da parede e a cal é utilizada como pintura externa e interna (86%), assim como adicionada ao reboco em 78% dos casos.

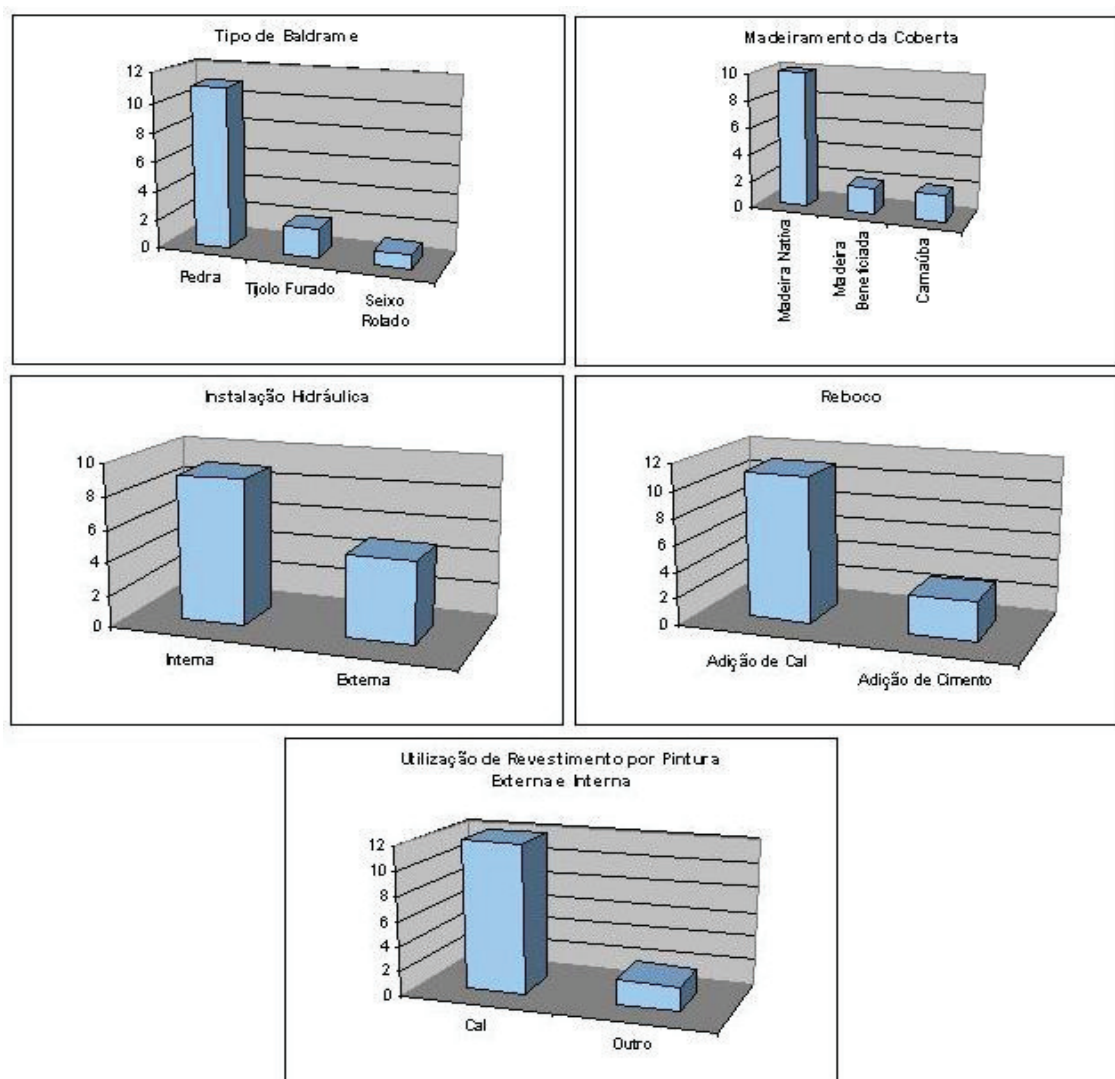


Figura 4.27. Resumo dos detalhes construtivos da habitação em adobe na região estudada

Na Figura 4.28 observa-se que 71% das habitações têm área entre 41 e 70m², 83% das construções com poucos cômodos (entre 1 e 3), 92% das construções abrange famílias numerosas (mais que 6 moradores).

Alguns mitos foram desconstruídos, mostrando que, embora o percentual que compra e produz o adobe seja praticamente o mesmo, apresenta-se um baixo índice de autoconstrução (30%).

Interessante notar a malha já existente de construtores populares, que inclusive se deslocam para localidades próximas, para executarem suas construções, restringindo a prática da

autoconstrução a localidades cujo acesso apresenta alto grau de dificuldade ou se situam distantes de centros urbanos maiores. Outra informação importante é a idade média do construtor, onde apenas 30% apresentam mais que 50 anos, mostrando que a cultura do adobe continua muito presente nas novas gerações.

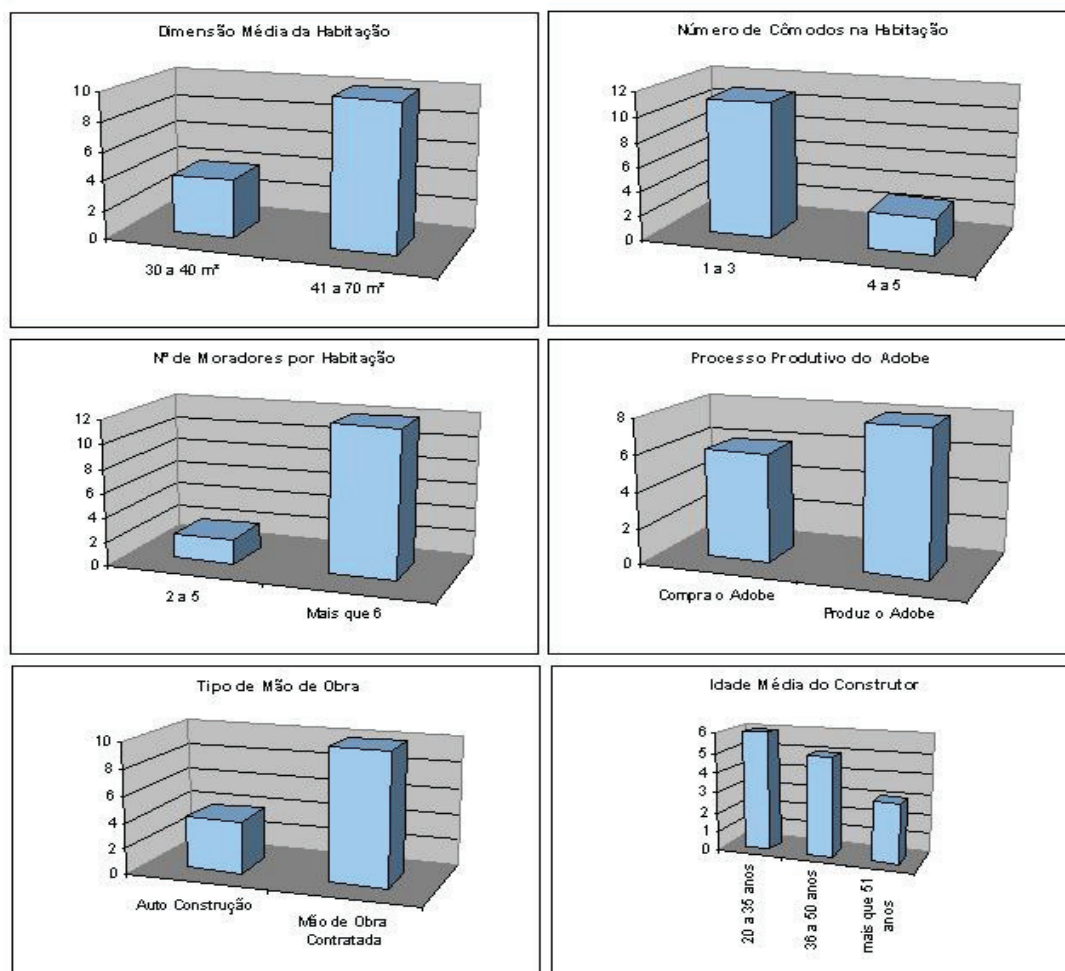


Figura 4.28. Resumo dos aspectos sócio-culturais e tipologia da habitação em adobe na região estudada

A tipologia arquitetônica também apresenta um padrão previsível de programa da habitação. Nota-se, no entanto, a recente adoção de símbolos mais urbanos ou detalhes que signifiquem símbolos de status e influência urbana cada vez mais evidente, a adoção de novos cômodos ou a mudança cultural da sua utilização. Os dados de resistência mecânica, bem como os ensaios complementares, mostram dados compatíveis com a manutenção da técnica. É importante ressaltar que a manutenção da cultura em terra encontra-se centrada no construtor popular, com poucas informações técnicas sobre a melhoria do processo. Muitas comunidades mantêm viva a técnica, na contramão do poder público, que não incentiva iniciativas de pequeno porte,

em comunidades isoladas, e sem a visão sustentável e atual de uma técnica tão antiga de construção.

CAPÍTULO 5

PROPOSTA DE UMA SOLUÇÃO DE HABITAÇÃO EM ADOBE E SUAS VÁRIAS ETAPAS

5.1. INTRODUÇÃO

Esse capítulo se dispõe a apresentar uma análise técnica sobre as várias etapas da construção em adobe, dispostas no manual gerado para construtores populares no Ceará, e constando nos anexos da tese. O capítulo se divide em passos básicos, de uma maneira didática para facilitar a compreensão do conteúdo.

5.2. DISCUSSÃO SOBRE O MATERIAL DIDÁTICO CONSULTADO

Uma das etapas mais complexas dessa tese deveu-se à elaboração de um manual prático de construção em terra no Ceará e teve como base materiais didáticos desenvolvidos por centros de pesquisa em terra, em várias partes do mundo. Utilizou-se material didático do Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda, de Tucúman, Argentina. Também foi utilizado como consulta, o manual para Constructores Lak Autado Peru, bem como o manual de técnicas construtivas, desenvolvida pelo PROTERRA. Em um primeiro plano temos que abordar as amplas diferenciações entre os manuais consultados, seja de formato, seja de objetivos, seja de conteúdo técnico. O manual de Tucúman, se assemelha com um formato mais sucinto aproxima-se ao que será desenvolvido no manual, cerca de 25 páginas, com ilustrações de alta capacidade de compreensão e facilmente reproduzível, para publicação em maior escala. O trabalho desenvolvido no Peru não se adéqua a um manual de menor escala, tendo uma caracterização de livro, já que contem 98 páginas e destina-se a habitações com um grau de peculiaridade diferente. Em boa parte do manual é detalhada a técnica de execução de cobertas em abóbadas, que não é parte deste estudo.

O Projeto interlaboratorial PROTERRA desenvolvido no Brasil apresenta um formato mais técnico, para engenheiros, arquitetos e estudantes da área, mas que contém a melhor qualidade de textos explicativos, e com maior índice de clareza. Faremos aqui uma breve abordagem sobre os pontos desenvolvidos no manual para o Ceará citando aqui as principais etapas.

Nas primeiras etapas, os vários manuais são bastante semelhantes, na adoção de ensaios expeditos, que em todos eles se repetem os mesmos ensaios que também se adotou no manual. Para o Ceará o tamanho utilizado de fôrma foi o tamanho mais utilizado no Estado, e com adoção de fôrma dupla. As etapas subseqüentes no manual em especial baldrame adotado e levantamentos dos sistemas de vedação em adobe, também são bastante semelhantes. Teríamos, no entanto um grande diferencial nesses manuais consultados, que esta na execução do sistema de cobertura. No manual argentino, se adota a execução de cobertura em terra, com um sistema de impermeabilização, com papelão e lonas plásticas. No manual peruano tem-se uma solução das mais interessantes, de baixo custo, de excelente relação custo-benefício, que são as abóbadas em adobe, mas com uma grande dificuldade de adaptação a cultura construtiva local do Ceará. Fica-se assim limitado à adoção no manual de uma cobertura em telha colonial convencional, mesmo sabendo do percentual excessivo em relação ao custo total da obra. Seria aqui interessante que se pudesse ter uma unidade de beneficiamento de madeira para cobertura, ou mesmo uma pequena unidade de produção de telhas onduladas ecológicas, como forma de redução substancial dos custos. Os manuais de Tucúman e o desenvolvido no Brasil, não apresentam todas as etapas construtivas descritas, baseiam-se mais na conceituação da técnica de adobe, e sua execução como elemento construtivo. Tentou-se assim executar um manual simples que, mesmo citando etapas previsíveis, dentro do processo, conceituam as várias etapas de uma unidade construída completa em adobe.

No manual desenvolvido, as instalações hidráulicas e elétricas foram indicadas que fossem internas escavadas, nos adobes, ou mesmo sugeridas em última hipótese à possibilidade que fosse externa às paredes.

No reboco adotou-se o sistema mais tradicional e mais utilizado na região, que é adoção de reboco com cal, não utilizando cimento, mais compatível com as paredes, diminuindo o potencial de patologias futuras na construção. Para o sistema de pintura optou-se no manual pela pintura a base de cal, que apresenta características importantes, para a manutenção das paredes, além de uma redução de custos da facilidade de aplicação. A adoção de pintura à

base de terra foi cogitada, mas apesar do conceito sustentável, usa em sua maioria a adoção de soda cáustica, ou de cola branca para formação de película impermeabilizante, sendo descartada, pela recomendação de tinta à base de cal.

5.3. ESCOLHA DA TERRA

5.3.1. Análise preliminar do solo

A escolha da terra para a construção em adobe é fundamental, daí ser necessária uma metodologia adequada na escolha dessa, para se ter a certeza de condições próximas do ideal, na composição escolhida. Eliminando assim a necessidade de se juntar aglomerantes, para buscar condições satisfatórias para o bloco em adobe.

Assim, recomenda-se a escolha do local onde será retirada a terra. Este local deve ser próximo à obra. Deve retirar-se a camada superficial de solo (30 a 40cm). Deve desprezar-se essa camada conforme a Figura 5.1, pois ela não é adequada para a fabricação dos blocos devido à presença de matéria orgânica.



Figura 5.1. Camada de solo a ser desprezada (Oliveira, 2003)

5.3.2. Amostragem da terra

A utilização de terra para os ensaios exige amostras representativas, para isso utiliza-se um processo para sua obtenção denominado quarteamento, aonde a partir de 30kg de terra faz-se um monte em forma de cone, divide-se em quatro partes iguais, se pega duas porções de quadrantes opostos e descarta-se o restante. Esta operação é repetida até se conseguir a quantidade desejada.

5.3.3. Ensaaios para verificação das propriedades do solo

Segundo o CEPED (1984), há diversas recomendações quanto aos procedimentos para seleção da terra em campo. Em geral, testam-se diversas terras e, em função dos resultados e da técnica construtiva a utilizar, seleciona-se, por comparação, a mais adequada.

Através do tato e observações visuais, faz-se a classificação inicial que é aprimorada através de outros testes expeditos, como os testes do vidro, do cordão, da fita, de exsudação, da resistência seca, entre outros. Estes testes, que indiretamente avaliam a granulometria, a trabalhabilidade e a retração do solo, verificam a textura e o comportamento da terra em diversas situações e ajudam na identificação das técnicas construtivas mais adequadas.

Vai-se utilizar como base para o roteiro de ensaios o trabalho de Neves (2010), a partir de ensaios expeditos usualmente aceitos em todo o mundo, compilados e adaptados por ele, sendo divididos em:

- a) Ensaios tácteis visuais;
 - b) Ensaio de queda da bola;
 - c) Ensaio da garrafa ou do vidro;
 - d) Teste do cordão;
 - e) Teste da fita;
 - f) Teste de exsudação;
 - g) Teste de resistência seca;
 - h) Identificação da técnica construtiva apropriada.
- a) Análise visual da terra
- Se:
- As superfícies apresentam muito brilho, a terra é argilosa;
 - As superfícies apresentam pouco brilho, a terra é siltosa;
 - As superfícies são opacas, a terra é arenosa.

Tato

Ao esfregar, entre os dedos, uma porção da terra seca, pode-se identificar os tipos de partículas presentes pela sua textura da seguinte forma:

- A areia arranha;
- O silte cobre os dedos com partículas macias, como se fosse um talco;
- Para verificar a presença de argila, umedecer uma porção da terra e moldar uma bola – quanto mais argila presente, mais fácil será formar a bola.

5.3.4. Reconhecimento dos diferentes tipos de terra

A Tabela 5.1 - indica genericamente aspectos tátil e visual e as características de cada uma.

Tabela 5.1. Identificação da terra por inspeção tátil-visual.

Classificação	Textura e aparência do solo
Areia	Textura granular. Pode-se visualizar o tamanho dos grãos. Flui livremente se está seca.
Terra arenosa	Textura granular porém com suficiente silte e argila para observar sua coesão. Predominam as características da areia.
Terra siltosa	Textura fina. Contém uma quantidade moderada de areia fina e uma pequena quantidade de argila. Suja os dedos como talco. Em estado seco, tem uma aparência compacta. Pulverizada com facilidade.
Terra argilosa	Textura fina. Quando está seca, fratura-se em torrões resistentes; em estado úmido, é plástico e se agarra aos dedos. É difícil de pulverizar.
Terra orgânica	Textura esponjosa. Odor característico de matéria orgânica que é mais acentuado ao umedecer ou aquecer.

Faria (2010).

b) Teste da queda da bola

Este teste (Figura 5.2) indica o tipo da terra em função da sua propriedade de coesão e consiste em:

- Tomar uma porção da terra seca;
- Juntar água e fazer uma bola com diâmetro aproximado de 3cm;

- Deixar a bola cair, em queda livre, da altura aproximada de um metro.
- Identificar o tipo de terra avaliando a forma de seu espalhamento:
- Terras arenosas espalham-se com esfarelamento (ou desagregação);
- Terras argilosas espalham-se menos e com maior coesão.



Figura 5.2. Teste da queda da bola (Faria, 2002)

c) Teste da garrafa ou do vidro

Este ensaio é feito para verificar o percentual dos tipos de materiais encontrados no solo analisado. Pegue uma garrafa com pelo menos 500ml de volume, podendo ser uma garrafa pet (refrigerante, suco, etc.). Preencha $\frac{1}{4}$ da altura da garrafa com a terra e o restante com água limpa. Vede a tampa da garrafa e agite vigorosamente a mesma. Deixe descansar por 1 hora e em seguida agite novamente. Agora deixe o conjunto em repouso por 24 horas.

Após o repouso, meça a altura de cada camada da terra que se formou na garrafa e com isso calcule o percentual dessas camadas em relação ao total. A camada mais abaixo corresponde a areia enquanto as camadas superiores correspondem a silte e argila.



Figura 5.3. Teste da garrafa (Faria, 2011)

O ideal é que o solo esteja com um percentual de 20 a 30% de argila e 70 a 80% de areia / silte. Tem-se ainda para ajudar na identificação dos solos e sua adequação ao uso os diagramas (Figuras 5.4 e 5.5) de Aidy Moran.

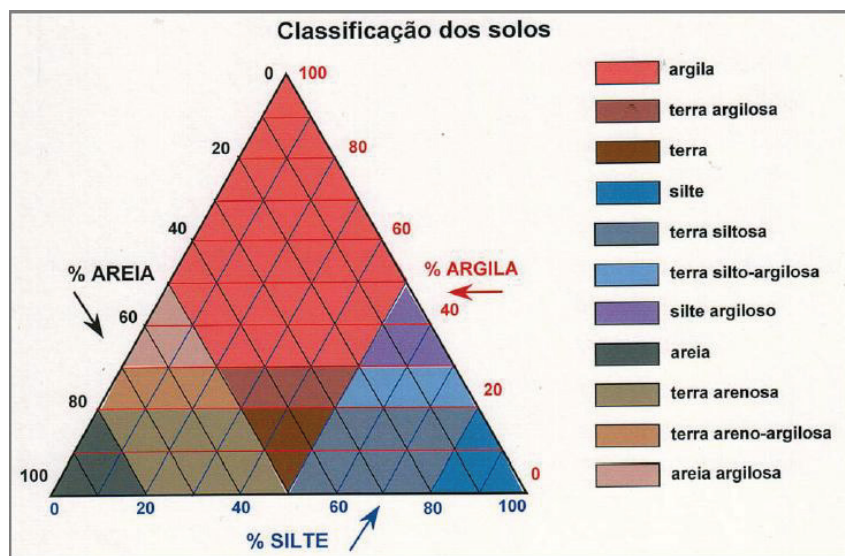


Figura 5.4. Diagrama de classificação dos solos por teste do vidro (Aid e Moran, 1984)

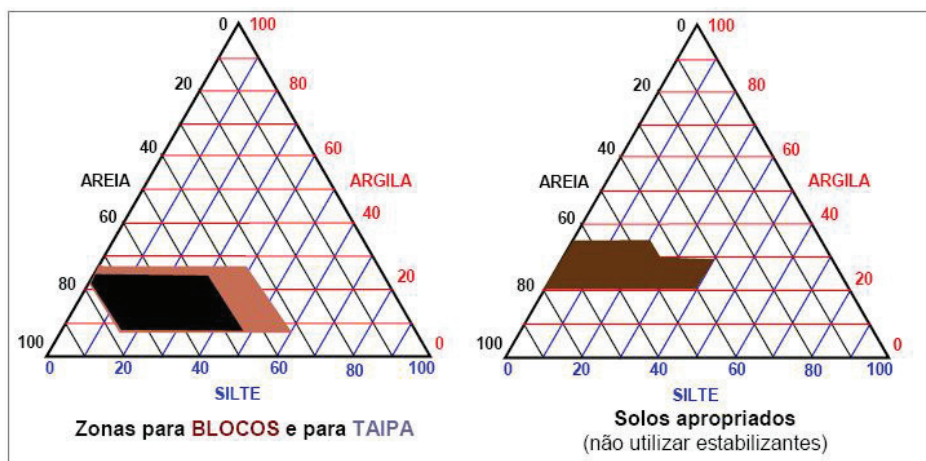


Figura 5.5. Diagramas indicativos de uso da terra por teste do vidro (Aid e Moran, 1984)

d) Teste do cordão

Este teste avalia a resistência da terra em um determinado estado de umidade e a relaciona com o tipo mais provável da terra (Figura 5.6). Ele consiste em:

- tomar uma porção da terra seca e adicionar água até que, rolando sobre uma superfície lisa e plana, seja possível formar um cordão que se quebra com 3mm de diâmetro;
- formar uma bola da terra nessa umidade e verificar a força necessária para esmagá-la entre o polegar e o indicador.

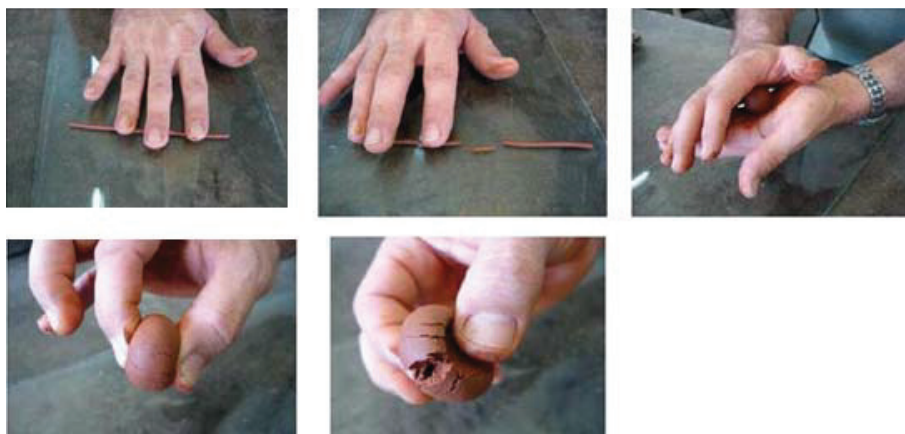


Figura 5.6. Teste do cordão: formação do cordão, até a quebra com 3mm de diâmetro, e ruptura da bola. Exemplo de uma terra argilosa (Neves, 2010)

Tabela 5.2. Avaliação do teste do cordão

Tipo do cordão	Ruptura da bola	Classificação e interpretação
Duro	Só se pode quebrar a bola com muito esforço ou não se quebra.	Muita argila; terra de alta plasticidade.
Mole	Pouco resistente. Fissura e esmigalha facilmente.	Terra argilosiltosa, arenosa ou areno argilosa; plasticidade média.
Frágil	Frágil. Não se pode remodelar a bola devido à sua fragilidade.	Bastante silte ou areia e pouca argila; baixa plasticidade.
Suave e esponjoso	Esponjosa e fofa. Se é comprimida, volta e esponjar-se.	Solo orgânico. Não é apto para nenhum tipo de construção.

e) Teste da fita

Este teste relaciona a plasticidade com o tipo da terra (Figura 5.7) através do seguinte procedimento:

- Tomar uma porção da terra e, com a mesma umidade do teste do cordão, fazer um cilindro do tamanho de um cigarro;
- Amassar o cilindro de modo a formar uma fita, com 3 a 6mm de espessura e o maior comprimento possível.



Figura 5.7. Teste da fita: formação do “charuto” e da fita, com uma terra argilosa (três imagens superiores), tentativa de formação do “charuto” com uma terra muito arenosa (imagem inferior) (Neves, 2010)

Faz-se a avaliação conforme as indicações contidas na Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Avaliação do teste da fita

Tipo de fita	Comportamento da fita	Classificação e interpretação
Longa	É possível formar uma fita de 25 a 30 cm sem dificuldade.	Muita argila; terra de alta plasticidade
Curta	É possível formar uma fita de 5 a 10cm com dificuldade.	Terra argilosiltosa, arenosa ou areno argilosa; plasticidade média
	Não se faz a fita.	Bastante silte ou areia e pouca argila; sem plasticidade

f) Teste de exsudação

Avalia a plasticidade da terra em função da sua capacidade de reter água da seguinte forma (Figura 5.8):

- Tomar uma porção da terra bastante úmida e coloca-la na palma da mão;
- Golpear esta mão com a outra de modo que a água saia para a superfície da amostra, dando-lhe um aspecto liso e brilhante.



Figura 5.8. Teste de exsudação: diferença entre uma terra argilosa (à esquerda) e uma terra arenosa (à direita) (Neves, 2010)

A avaliação é feita de acordo com as indicações contidas na tabela 5.4.

Tabela 5.4.Avaliação do teste da bola

Tipo de reação	Número de golpes	Efeitos de amostra	Classificação e interpretação
Rápida	5 – 10	A água aflora à superfície da amostra.A pressão dos dedos faz a água desaparecer imediatamente e uma pressão mais forte esmigalha o bolo.	Pouca plasticidade. Areia fina inorgânica ou silte grosso inorgânico, terra arenosa ou siltosa.
Lenta	20 – 30	A água aparece e desaparece lentamente. A pressão dos dedos faz com que o bolo se deforme como uma bola de borracha.	Silte ligeiramente plástico ou silte argiloso.
Muito lenta	Mais de 30	Não há mudança notável.	Terra de alta plasticidade Argila.

g) Teste de resistência seca

O teste identifica o tipo da terra em função da sua resistência e, como mostrado na Figura 5.9 consiste em:

- Moldar duas as três pastilhas da terra úmida, com cerca de 1cm de espessura e 2 a 3cm de diâmetro;
- Deixar as pastilhas secarem ao sol por dois ou mais dias;
- Tentar esmagar cada pastilha entre o indicador e o polegar.

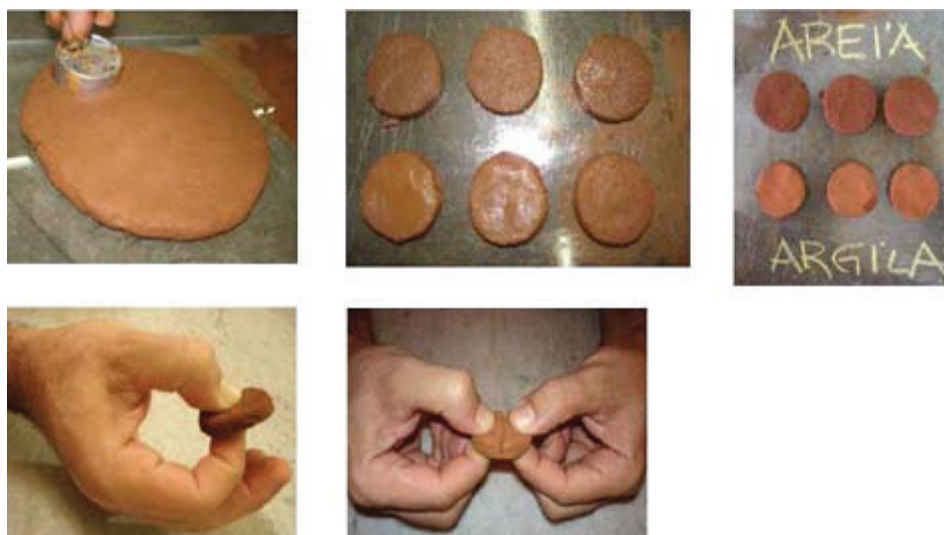


Figura 5.9. Teste de resistência seca. Abertura e corte de “massa”, pastilhas recém-cortadas; pastilhas secas (observando-se a diferença de retração entre terra argilosa e arenosa), e tentativas de quebra das pastilhas entre os dedos (CEPED, 1984)

Seu comportamento é classificado de acordo com as indicações contidas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5. Avaliação do teste de resistência seca

Resistência	Esforço de ruptura	Comportamento	Classificação e interpretação
Grande	Resistente	Não se pulveriza.	Solo inorgânico de alta plasticidade. Argila.
Média	Pouco resistente	É possível reduzir os pedaços a pó.	Terra argilo-siltosa, terra argilo arenosa ou areia argilosa. Se for argila orgânica, não usar.
Fraca	Não resiste	Fácil desagregação.	Falta de coesão. Solo siltoso inorgânico ou outro com pouca argila.

h) Identificação das técnicas construtivas

A técnica adequada será definida em função dos resultados dos testes. Para cada tipo de terra, podem-se estimar as técnicas construtivas mais adequadas em função dos resultados dos testes do cordão, da fita, de exsudação e da resistência seca, conforme apresenta a Tabela 5.6.

Tabela 5.6. Tipo de solo e técnica construtiva indicada determinada por testes expeditos (CEPED, 1984)

Teste da fita	Teste de exsudação	Teste de resistência seca	Tipo de terra	Técnica construtiva
Fita curta ou não se consegue fazer a fita.	Reação rápida a lenta, mas jamais muito lenta	Fraca a nula, geralmente nula	Arenosa; areno-siltosa; areno-argilosa; siltos-argilosa	Tijolo prensado, adobe e terra compactada.
Fita curta	Reação lenta a muito lenta	Fraca a média	Siltosa	Utilização mais difícil que as terras anteriores, mas possível com o uso de aglomerante.
Fitas curta a longa	Reação muito lenta ou sem reação	Média a grande	Argilosa com pedregulho argilo-arenosa e argilo-siltosa	Possível usar para a terra compactada ou tijolo prensado, com aglomerante.
Fita longa	Sem reação	Grande	Argilosa	Possível usar para fabricação de adobe com adição de fibras e barreamento de técnicas mistas.

Apresenta-se ainda de modo a facilitar a consulta aos dados para análise posterior, a Figura 5.10 onde se expõe uma ficha de identificação da terra com base em testes de campo, adaptada de Faria (2011).

IDENTIFICAÇÃO DA TERRA – TESTES DE CAMPO

Nome da amostra		
Localização		
Operador		
Data de coleta		
Data de execução		
Observações		

Teste		Interpretação
Tátil-visual	Tamanho de partículas	
	Cor	
	Brilho	
	Tato/textura	
Identificação da terra por inspeção tátil-visual		
Queda da bola		
Vidro - % de areia, silte e argila		
Indicação de técnicas construtivas por teste do vidro		
Charuto		
Pastilha		
Resistência seca		
Identificação da terra e de técnicas construtivas		
Identificação da terra e de técnicas construtivas		

Conclusão:

Fazer o esboço do local de amostragem no verso

Figura 5.10.Ficha de identificação de terra (adaptado de Faria, 2011)

5.4. FABRICAÇÃO DE ADOBES

Pode-se ver no esquema da Figura 5.11 todas as etapas do sistema de produção de adobe. Nos itens seguintes será visto o detalhamento de cada passo do processo.

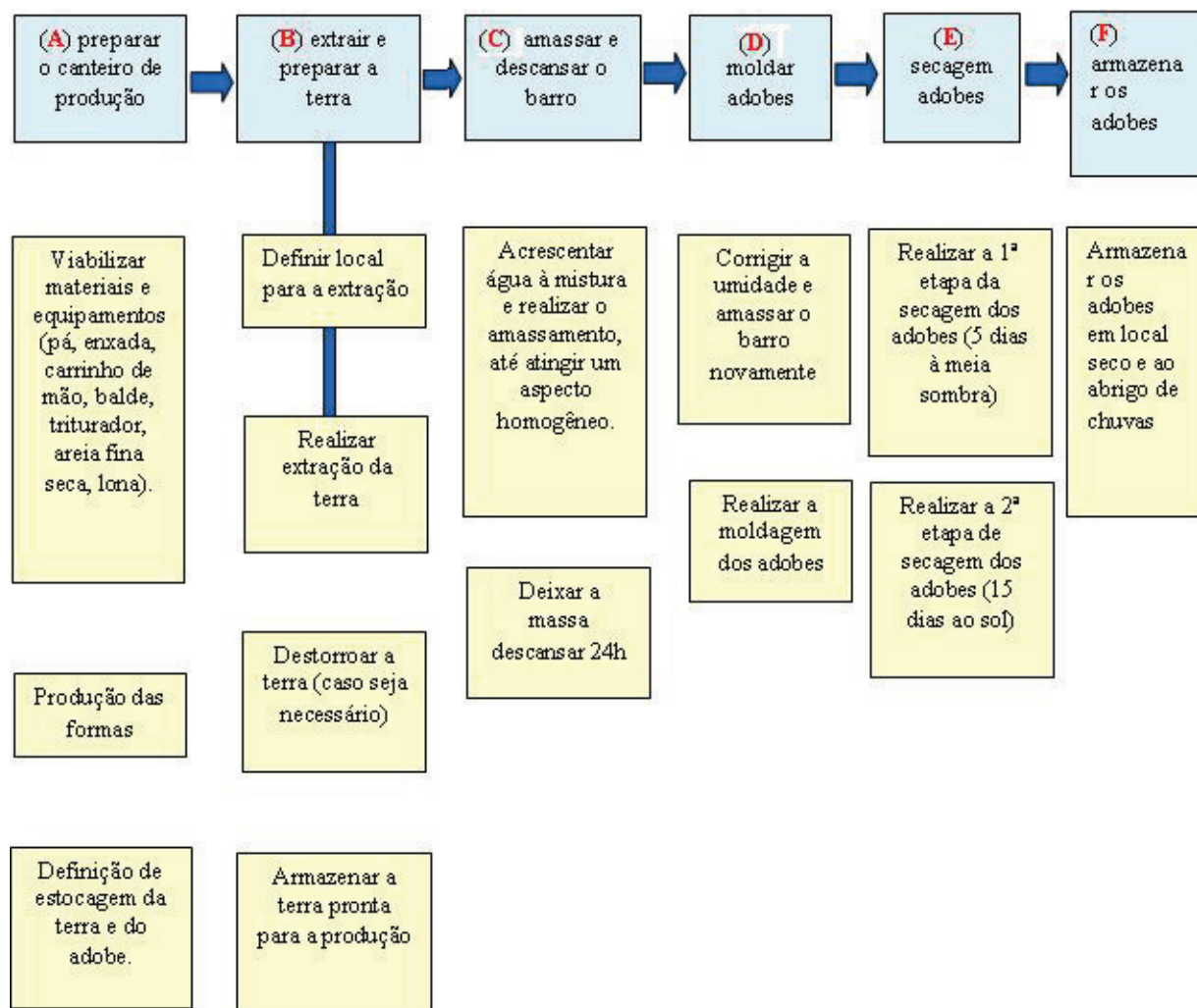


Figura 5.11. Esquema da sequência de várias fases de produção do adobe. (Faria, 2010)

5.4.1. Confeção das fôrmas

A confecção das fôrmas de adobe pode ser executada em madeira de forma simplificada, e com moldes conforme os moldes inteiros, e de meio adobe (Figura 5.12), o que ajuda na amarração das paredes. Utilizam-se moldes de dimensões mais comuns no Ceará de 40cmx22 cm x7cm. Pode-se utilizar fôrmica internamente para facilitar a desforma, e o melhor acabamento de arestas.

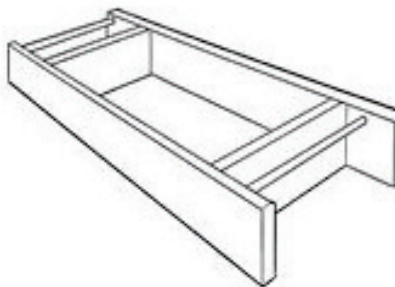


Figura 5.12. Fôrma para adobe: 40cm de comprimento x 22 cm de largura x 7cm de altura

Para a amarração das paredes é interessante que sejam confeccionados meios adobes, com os moldes apresentados na Figura 5.13.

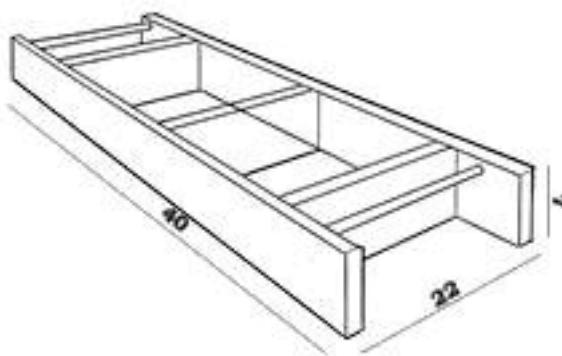


Figura 5.13. Fôrma para 2 meios adobes: 40cm de comprimento x 22cm de largura x 7cm de altura

5.4.2. Amassamento da terra

Antes de moldar os blocos, a mistura deve ser amassada com a finalidade de homogeneizar a terra. Esse amassamento é feito acrescentando água até um ponto onde o bloco possa ser moldado na fôrma e retirado sem que ocorra deterioração do mesmo. O amassamento pode ser realizado das seguintes formas:

Opção 1: Sem utilização de algum equipamento: Caso não haja nenhum equipamento disponível, a mistura será amassada utilizando os pés (Figura 5.14).



Figura 5.14. Amassamento com os pés (Oliveira, 2003)

Opção 2: Utilizando equipamentos específicos: O amassamento poderá ser feito com a utilização de betoneira (Figura 5.15).



Figura 5.15. Betoneira

5.4.3. Preparação e moldagem da terra

Segundo Guillaud (1989), a terra a utilizar na produção de adobes deve ter uma textura argilosa ou muito siltosa, mas ao mesmo tempo com grande coesão. A extração da terra seca ou úmida é uma tarefa difícil de ser executada. Os sítios de extração são sobretudo pantanosos e lamacentos. A preparação da terra, da forma tradicional é igualmente penosa e realizada com os pés. A preparação deve ser cuidadosa de forma a garantir uma boa qualidade dos adobes. Existem hoje em dia outros meios de preparar a terra, alguns deles mecanizados. Os meios intermediários, entre o manual e o mecanizado, utilizam muitas vezes animais de carga. Outros meios de preparação são evidentemente mais caros.

Segundo ainda Guillaud (1989), é possível produzir os adobes com ou sem molde. É possível observar-se ainda no mundo modos de produção primitivos em formatação manual. Os adobes assim produzidos não são muito bonitos e os muros com eles construídos menos estáveis. É preferível empregar moldes de forma prismática. A formatação ou moldagem exige uma terra pastosa, nem sólida nem mole.

1 - Pasta semimole

A pasta introduzida no molde é ligeiramente trabalhável à mão e após a remoção do molde também. Para removê-lo facilmente o molde deve ser próprio e previamente molhado. Para essa técnica de “golpe de água”, o fio de água que adere ao molde facilita a remoção. Os moldes mais comuns são constituídos por um compartimento único, de todas as dimensões até 60cm de comprimento, para os adobes mais pesados. Podem ainda ser moldes de compartimentos duplos: que permitem a manufatura de quatro adobes simultaneamente. Estes moldes são construídos em ferro ou madeira, existindo ainda em plástico. Os adobes após a secagem apresentam sempre uma retração de volume importante e suas qualidades e dimensões devem ser cuidadas e controladas nas dimensões do molde.

2 - Pasta semissólida

Para obter adobes de melhor qualidade, mais densos e resistentes, é preferível trabalhar com uma pasta semissólida. A técnica, porém, é diferente e o molde é próprio, encharcado em água previamente revestido no interior com areia depois. Para essa técnica do “golpe de areia”, uma quantidade de terra determinada é grosseiramente transformada em bola, enrolada em areia posteriormente atirada com força dentro de um molde de compartimento único. A bola é então comprimida ao punho dentro do molde sem esquecer os cantos e alisada na face com a régua em madeira. Os moldes possíveis para esse tipo de técnica são diversos. O adobe é removido do molde na zona de secagem. Essa técnica obriga a armazenar a terra próxima da zona de moldagem e devem estar disponíveis mais que um molde. É preferível trabalhar sobre uma mesa. Existem mesmo mesas com moldes incorporados e alavanca de remoção: o adobe deve ser transportado para secar numa prancha, que pode ser o fundo do molde.

5.4.4. Moldagem dos blocos

Após a mistura ser amassada, os blocos deverão ser moldados.

5.4.5. Processo de secagem

Após a moldagem, os blocos passam por um período de secagem ao sol. Deixe os blocos em local totalmente aberto, em pé (Figura 5.16), para que estes sejam expostos ao sol por um período de 3 dias, virando-os a cada 24 horas. Depois dos 3 dias, deixe os blocos a meia sombra até que estejam completamente secos.



Figura 5.16. Secagem dos blocos ao sol

Para verificar se os blocos estão completamente secos, utilize um objeto perfurante, podendo ser um canivete ou uma faca, e faça um furo para visualizar o seu interior, observando se está completamente seco. Em seguida os blocos deverão ser armazenados em local protegido de chuvas e outros eventuais intempéries que possam ocorrer (Figura 5.17).



Figura 5.17. Armazenamento (Silva, 2006)

5.5. EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO

A fundação é o sistema da obra que será responsável por transmitir as cargas da edificação ao terreno. Esta será feita dependendo da disponibilidade de materiais na localidade em que a obra será realizada.

Opção 1

Escava-se uma vala de 40cm de largura e 50cm de profundidade nos locais onde se pretende construir as paredes de adobe e comprime-se as pedras nas valas até atingir o topo da superfície acima dela utilize pedra com argamassa de cimento, cal e areia, com traço de 1:2:8 em volume, e com 30cm de altura, para evitar o contato do adobe com a umidade.



Figura 5.18. Fundação e baldrame em pedra

Opção 2

Escavam-se as valas de 40cm de largura e 40cm de profundidade nos locais onde serão feitas as paredes de adobe. Assentam-se os blocos de forma dobrada, conforme Figura 5.18, até o topo do terreno, em seguida faça o reaterro das valas. Acima do nível do terreno, faz-se uma camada de 40cm de blocos para evitar que as paredes de adobe entrem em contato com a umidade por capilaridade do solo.



Figura 5.19. Fundação em bloco cerâmico

5.6. ELEVAÇÃO DAS PAREDES

A argamassa utilizada no assentamento dos blocos deve ser a mesma que foi utilizada em sua fabricação, sendo constituída de terra. Assenta-se a primeira fiada de adobe diretamente sobre a fundação. Utilizam-se ferramentas específicas (linhas, prumo, esquadro) para garantir o prumo e o esquadro das paredes. Assente os blocos construindo assim as paredes de acordo com o projeto arquitetônico. O processo de elevação das paredes é similar ao de paredes de tijolo cerâmico, sendo as amarrações feitas de forma semelhante, como pode ser observado nas Figuras 5.20 e 5.21.

Segundo Faria (2005) pode-se ainda seguir o esquema de elevação das paredes abaixo:

- a) Limpeza dos baldrame da fundação para realização da 1ª fiada;
- b) Execução de argamassa de solo (o mesmo que foi utilizado na produção do adobe);
- c) Execução dos cantos no nível e esquadro;
- d) Execução da 1ª fiada levando-se em consideração as aberturas de portas;
- e) Execução de impermeabilização da parede nos primeiros 0,30m internos e externos.

Deve-se molhar superficialmente os adobes para que eles não “puxem” a água da argamassa (para reduzir o problema de fissuração da argamassa de assentamento);

Deve-se assentar o adobe do lado contrário ao que ele foi produzido, fazendo com que seu abaulamento central fique para baixo, regularizado pela argamassa de assentamento, e chapiscar, interna e externamente, os primeiros 30cm das fiadas de adobe, com argamassa acrescida de impermeabilizante, para reduzir a ação da chuva nas paredes.

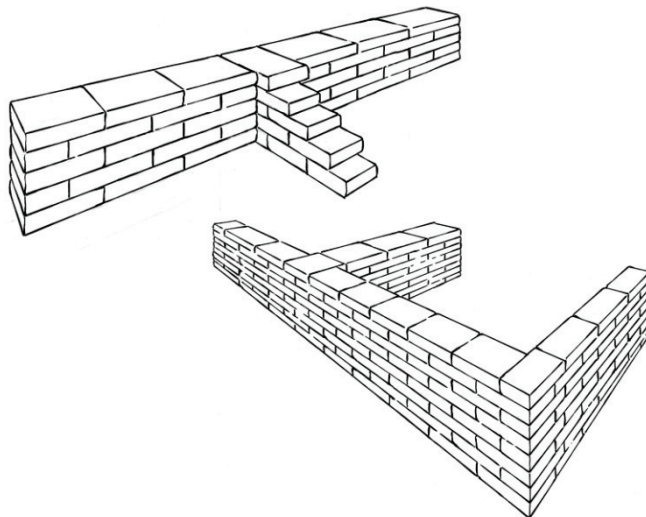


Figura 5.20. Paredes externas e suas conexões com as paredes internas



Figura 5.21. Elevação das paredes (Silva, 2006)

5.7. ESQUADRIAS

Na elevação das paredes, deixe os vãos livres onde existirem portas ou janelas, de acordo com projeto de arquitetura. Em cima desses vãos faça uma verga de madeira, podendo ser de barrote, mas de preferência de linha maçaranduba, para evitar fissuras devido às aberturas. A verga deve ter um tamanho no qual passe pelo menos 30cm nas laterais da esquadria. Faça essa verga em todas as esquadrias.

5.8. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS PARA HABITAÇÃO EM ADOBE

Segundo HABIS (2004), na execução das instalações hidráulicas devem ser realizadas as seguintes ações: rasgos nas paredes de adobe; apresentação das peças a serem utilizadas e o funcionamento das instalações; corte e colagem dos tubos, nas medidas especificadas; teste de vazamento da tubulação já instalada.

Como se trata de parede de adobe ocorre alguns fatos diferentes em relação à execução de instalações hidráulicas em alvenaria convencional, como por exemplo:

- Demora em fazer os rasgos, pelo fato de ter que tirar terra, por isso é melhor não rasgar além do necessário para se instalar a tubulação. Depois, os rasgos serão preenchidos com argamassa de terra ou em última hipótese com argamassa de cimento, que é bastante diferente em relação à composição do adobe;
- Para fazer furos que atravessem a parede, utiliza-se uma serra-copo, facilitando o trabalho, tendo em vista que o adobe é um bloco maciço;
- O uso constante do martelo para fazer os rasgos faz com que a parede vibre e provoca perda de aderência da junta dos adobes.

O procedimento para instalação das tubulações pode ser observado na Figura 5.22.

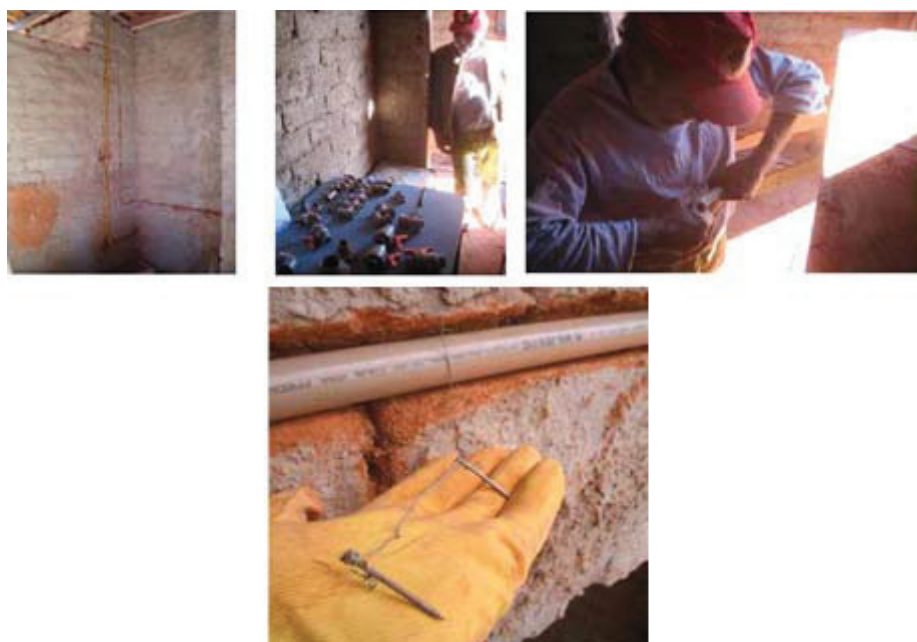


Figura 5.22. Instalações hidrossanitárias (Silva, 2006)

Para executar as instalações elétricas são realizadas as seguintes ações: rasgos nas paredes de adobe, instalações das caixas 4x2, passagem e embutimento de eletrodutos, instalações das caixas oitavadas na cobertura, instalações de quadro de distribuição, passagem da fiação, montagem dos disjuntores no quadro de distribuição, montagem de spots iluminação na cobertura, montagem das tomadas e interruptores. A sequência de fotos na Figura 5.23 representa a sequência executiva.



Figura 5.23. Instalações elétricas (Silva et al., 2006)

5.9. COBERTAS

A cobertura deve ser desenvolvida com madeiramento e telhas cerâmicas coloniais da região. O madeiramento será dividido entre ripas, caibros e terças, e são detalhados segundo a definição de Logsdon (2002) e segundo o esquema da trama de telhado (Figura 5.24).

- Ripas: As ripas são as peças que recebem as telhas. Geralmente tem seção de 1,5cm x 5,0cm ou de 1,0cm x 5,0cm. O espaçamento entre as ripas, normalmente denominado de “galga”, depende do tipo e tamanho das telhas usadas, motivo pelo qual se utiliza um gabarito, construído na obra, para fixar as telhas nas ripas. Para o cálculo do madeiramento é usual adotar 35cm para o espaçamento entre ripas. As ripas, de espessura 1,5cm ou 1,0cm, suportam bem as cargas usuais de um telhado, entretanto não suportam o peso de um homem. Alguns profissionais têm dado mais atenção ao lado social, procurando evitar acidentes durante a construção, e têm utilizado ripões (2,5cm x 5,0cm) no lugar de ripas.

- **Caibros:** Os caibros servem de apoio às ripas, geralmente têm seção de 5,0cm x 6,0cm ou 6,0 cm x 6,0cm. O espaçamento dos caibros depende do tipo de telhas usado e da resistência das ripas, varia entre 40 e 60cm, sendo comum utilizar 50cm, sem qualquer cálculo.
- **Terças:** As terças são vigas que recebem o carregamento dos caibros e o descarrega nas estruturas principais do telhado (tesouras, no caso mais comum). As terças, geralmente, têm a seção de 6,0cm x 12,0cm ou 6,0cm x 16,0cm. O espaçamento entre as terças depende, basicamente do tipo de telha utilizada e da resistência dos caibros, gira em torno de 1,50m nos tramos dos telhados com telhas cerâmicas e varia com o tamanho da telha, nos tramos dos telhados de fibrocimento. As terças também funcionam como travamentos, reduzindo o comprimento de flambagem do banzo superior da estrutura principal do telhado (tesoura, no caso mais comum), motivo pelo qual a ligação entre a terça e a estrutura deve ser bastante resistente.

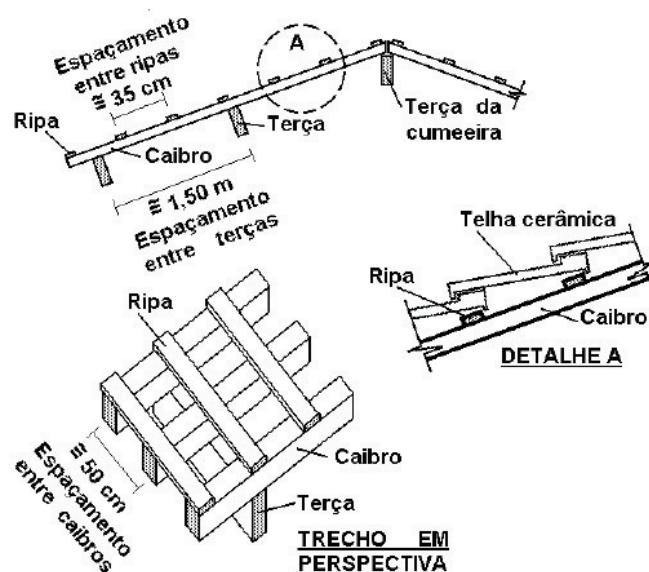


Figura 5.24. Esquema de cobertura convencional (Longsdon, 2002)

Pode-se ainda seguir regras básicas para melhoria da qualidade nessas cobertas. A adoção de uma montagem de telhado respeitando a direção dos ventos dominantes (Figura 5.25). Outro detalhe relevante deve ser um aumento da dimensão do beiral. A utilização de calhas, se necessário, para proteção da parede de adobe da água da chuva.

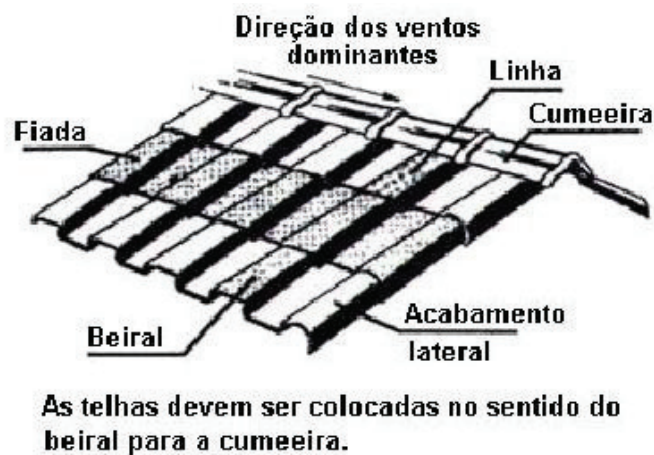


Figura 5.25. Posicionamento da cobertura em relação aos ventos (Longston, 2002)

Apresenta-se ainda a tabela de cálculo simplificado de telhados convencionais (Tabela 5.7) proposto por Logsdon (2002). Na Figura 5.26 apresentam-se exemplos de telhados devidamente executados em construção em adobe.

Tabela 5.7. Dados para cálculo simplificado de telhados convencionais de madeira (Logsdon, 2002).

Tipo de telha	Inclinação		Nº de telhas por m ² de cobertura	Espaçamentos máximos			Carregamento por m ² de cobertura			
	Mínima (°)	Máxima (°)		Entre caibros (m)	Entre terças (m)	Entre tesouras (m)	Peso de telhas (n/m ²)	Peso da madeira (n/m ²)	Devido ao peso da água (n/m ²)	
CERÂMICAS	Francesa	16	25	15 – 16	0,50	1,60	2,75	450	432	113
	Romana	16	25	16 – 18	0,55	1,65	2,80	430	400	108
	Portuguesa	16	25	15 – 18	0,55	1,70	2,85	410	400	103
	Colonial	17	25	26 – 28	0,45	1,55	2,60	500	480	125
	Plana	11	17	26 – 28	0,45	1,50	2,55	540	500	135
	Paulista	11	17	26 – 28	0,45	1,50	2,50	550	500	138



Figura 5.26. Cobertas em construção de adobe (Lopes, 2006)

5.10. ACABAMENTOS

5.10.1. Reboco

Tanto os revestimentos de terra como os das misturas de cal e areia são feitos mediante a sobreposição de camadas em estado plástico, que variam em espessura e proporção relativas aos seus ingredientes e que se mantenham aderidas aos pisos, paredes ou coberturas. O princípio geral consiste na aplicação de pelo menos duas camadas sobrepostas. A primeira tem 2 a 3cm de espessura e é feita com materiais de granulometria mais grossa; e, a segunda camada, com alguns milímetros de espessura, é feita com materiais de granulometria fina.

As misturas a aplicar devem ter um período de repouso para que os materiais que as compõem aumentem sua capacidade de aderência. Nas práticas de oficinas de capacitação, para que os assistentes adquiram o conhecimento relativo ao preparo e aplicação dos revestimentos, é conveniente contar com paredes de trabalho e misturas previamente realizadas, além de matérias-primas para a elaboração de novas misturas.



Figura 5.27. Peneiramento da terra (Neves e Faria, 2011)

O processo de revestimento inicia-se pela limpeza do pó na superfície da base, seu umedecimento, a aplicação da mistura com a mão ou com a colher de pedreiro (Figura 5.28). Faria ainda comenta que a segunda camada tem poucos milímetros e é aplicada sobre a anterior também umedecida com a desempenadeira, obtém-se então a superfície lisa (Figura 5.29).



Figura 5.28. Mistura do reboco inicial de barro; aplicação do reboco à mão; e, aplicação com colher de pedreiro (Neves, 2011)

Por seu lado, a argamassa de cal e areia também se inicia com o peneiramento da areia, seguido da adição de cal (em pó ou pasta), o umedecimento progressivo, a mistura e o repouso (Figura 5.29). A areia para a primeira camada deve passar por uma peneira com abertura de malha de 5mm e misturada em uma proporção de 3 volumes de areia por 1 volume de cal. Para a camada final, a areia deve passar por uma peneira de 2 mm e misturada em uma proporção de 2 volumes de areia por 1 volume de cal.



Figura 5.29. Umedecimento da base; aplicação da mistura com a colher de pedreiro; e, reboco final com a mistura de cal e areia aplicada com a desempenadeira (Neves e Faria, 2011)

5.10.2. Pintura à cal

A pintura de cal tem grande utilidade na proteção final das paredes de terra (Figura 5.30). Ela pode ser aplicada diretamente sobre a superfície das paredes de terra ou sobre os rebocos e, em ambos os casos, apresenta notáveis qualidades para sua proteção à ação da chuva e da abrasão física.

Diferente das tintas comerciais que são fabricadas a partir de polímeros vinílicos ou acrílicos, a pintura de cal não sela as superfícies, permitindo a troca natural de ar e vapor de água entre a parede de terra e o meio ambiente. Além disso, a alcalinidade da cal é também eficaz para eliminar fungos e bactérias patogênicas e inibir o desenvolvimento de colônias de insetos nas estruturas.

A base desta pintura é o hidróxido de cálcio que, com adequado nível de hidratação, se mistura com pigmentos naturais. Ao aplicar esta mistura nas paredes, os pigmentos formam uma estrutura cristalina que em contato com o ar absorve CO_2 e perde água, transformando-se em carbonato de cálcio $[\text{CaCO}_3]$, uma substância insolúvel em água. Deste modo, obtêm-se superfícies que podem manter sua cor e resistência durante séculos, além de conservar as qualidades de controle higrotérmico que caracterizam as edificações de terra.

Igualmente para o caso de misturas de cal para o reboco, é muito importante a seleção adequada da matéria-prima. O ideal é poder contar com o óxido de cálcio $[\text{CaO}]$ triturado ou pulverizado. Caso não seja possível obter este produto, deve-se utilizar então a cal parcialmente hidratada que normalmente é comercializada em sacos de 25kg. Em ambos os

casos, deve-se preferir o uso da matéria-prima com pouca idade de fabricação, pois sua exposição ao meio ambiente altera suas características adesivas.

Uma vez que se tem o óxido de cal ou a cal parcialmente hidratada, colocar o material em recipiente aberto e resistente ao calor e agregar água com muito cuidado. Este processo, conhecido como “apagar a cal”, converte a matéria-prima em hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ou “pasta de cal”, que apresenta a grande vantagem de conservar e inclusive de melhorar suas propriedades, desde que seja mantida coberta de água.



Figura 5.30. Pintura à base de cal

5.11. SÍNTESE DO CAPÍTULO

O presente capítulo aborda a busca de um padrão executivo, para as etapas de elaboração de um manual para as construções em adobe para o Ceará. A abordagem passou pela referência de material didático executado em quatro países e também no Brasil, tentando assim a adoção de um modelo mais adequado aos objetivos, de boas práticas na construção de adobe no Estado do Ceará. Os modelos utilizados estão repletos de particularidades, ligados ao aspecto cultural de cada região. O desafio está em buscar uma linguagem adequada, e um detalhamento das etapas, que possivelmente esbarrarão no óbvio, mas necessário para demarcar as etapas de maneira clara, e mostrar em conjunto, estas etapas e suas inter-relações.

CAPÍTULO 6

ANÁLISE COMPARATIVA E DE CUSTOS ENTRE SOLUÇÃO HABITACIONAL DO INCRA E SISTEMA DE CONSTRUÇÃO EM ADOBE

6.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 anos, o Ministério do Desenvolvimento Agrário, através do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, INCRA, vem desenvolvendo a construção de vilas rurais em vários municípios no interior do Estado do Ceará. Essas construções têm sido executadas de forma esporádica, e sem uma definição legal, ainda, da forma de pagamento definida pelo Ministério. São pequenos grupamentos de casas, aonde o proprietário arca com parte da mão de obra, como contrapartida exigida, e aonde o INCRA através de licitação, define os fornecedores de cada região para os respectivos materiais.

Suas últimas construções datam de outubro de 2009, e analisou-se o projeto mais atualizado e mais recente utilizado no programa. Do ponto de vista de tipologia arquitetônica o projeto não foge aos modelos já desenvolvidos por órgãos de fomento à habitação, nem com o modelo desenvolvido pelas comunidades no interior do Estado. O sistema construtivo utilizado é de tijolo. A partir desse sistema fez-se uma análise comparativa de custos com o sistema construtivo em adobe, levando em consideração não apenas uma análise quantitativa e financeira, mas também uma visão do ponto de vista ambiental, e na sua integração à cultura e ao entorno da região. Foram observados antes da escolha do projeto desenvolvido pelo INCRA, projetos desenvolvidos também pela Caixa Econômica Federal - CEF. A opção pelos projetos do INCRA deveu-se a serem utilizados exclusivamente em áreas de ocupação rural. Notou-se, no entanto, peculiaridades dentro das especificações, que podem ser analisadas e colocadas como contribuição a outros projetos desenvolvidos pelo órgão. Nota-se a pouca atualidade sobre processos de assentamento de revestimento, bem como a opção de materiais, que já se encontram obsoletos, e que poderiam ser facilmente substituídos por

materiais superiores, com preço acessível. Pela escala da compra, percebe-se possivelmente a preocupação de materiais que possam existir nas distribuidoras locais, no interior do Estado, possibilitando pouca dificuldade no processo licitatório. A utilização de termos como: “de boa qualidade” ou “similares”, obviamente vagos, já não são mais adotadas em manuais de especificações há bastante tempo.

Nas Figuras 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4 tem-se o projeto de casa INCRA utilizado, com varanda, 3 quartos, sala, cozinha e banheiro, com área de aproximadamente 65m², área maior do que a média nessa região, e com um maior número de quartos, que nas habitações dessas localidades. Habitações essas que tendem originalmente a ter espaços sem funções tão definidas.

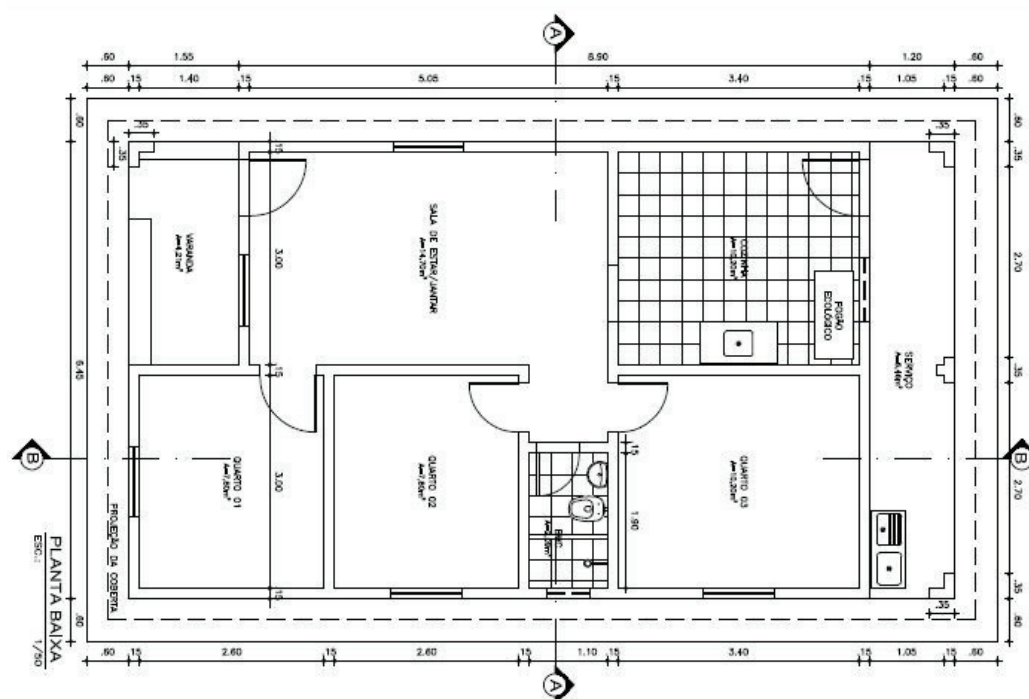


Figura 6.1.Planta baixa - Casa INCRA

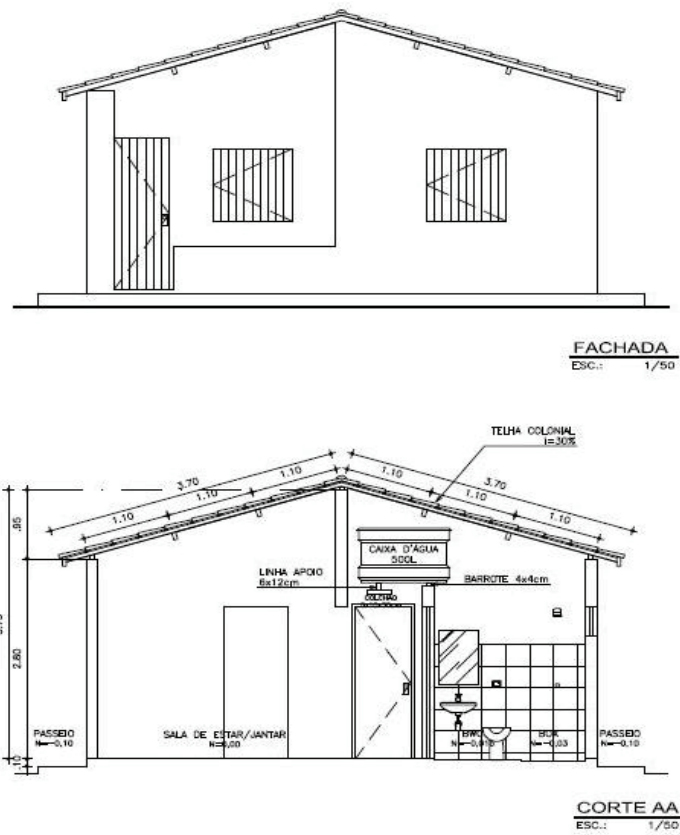


Figura 6.2.Fachada e corte AA - Casa INCRA

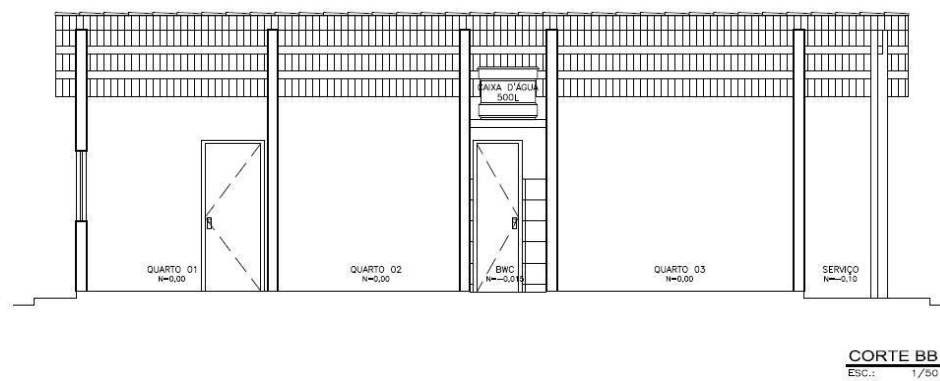


Figura 6.3.Corte BB - Casa INCRA

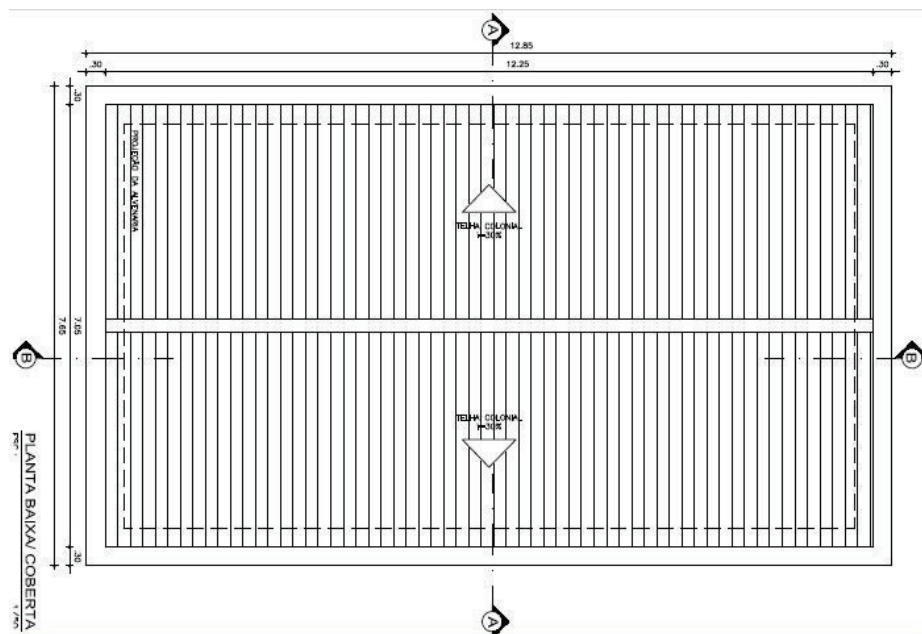


Figura 6.4.Coberta - Casa INCRA

Apresenta-se a seguir o detalhamento das especificações definidas pelo INCRA, e suas possíveis adaptações para construções em adobe. São necessárias que se façam algumas observações sobre as especificações exigidas pelo INCRA. Nota-se claramente que a escolha dos materiais visa utilizar itens, notadamente mais populares e que tenham uma maior abrangência, em pequenos e médios fornecedores locais, ou nas proximidades das áreas aonde são estabelecidas as vilas rurais. Vê-se a definição das etapas construtivas definidas pelo INCRA e comentários subsequentes sobre essas etapas nas construções em adobe.

As especificações do INCRA serão úteis no sentido de se melhor avaliar o sistema como é executado atualmente e sua possibilidade de adaptação em blocos de adobe.

Algumas etapas são próprias do sistema construtivo adotado, em outras serão feitos comentários de sua execução no sistema de adobe.

6.2. LOCAÇÃO, FUNDAÇÃO, PISO E OUTROS

A definição dos materiais é fundamental na qualidade de execução de suas etapas, bem como o armazenamento de material em obra.

6.3. FUNDAÇÕES

As várias etapas da execução das fundações são detalhadas em subitens.

6.3.1. Nivelamento e locação

- A locação será feita por meios topográficos ou manuais (trena, prumo, gabarito, esquadro), de acordo com o Projeto de Situação/Locação, sendo o contratado responsável por erro de alinhamento, cota de nível, ficando sob sua responsabilidade qualquer demolição e reconstrução dos serviços que a Fiscalização julgar como imperfeitos.
- Deverão as paredes, depois de concluídas, reproduzirem planimetricamente o paralelismo e perpendicularismo recíproco, tal como apresentado em planta (estar em esquadro ou 90°).

6.3.2. Movimento de terra e preparo do terreno

- O contratado executará todo o movimento da terra necessário e indispensável ao nivelamento do terreno, obedecendo rigorosamente às cotas previstas no Projeto.
- As áreas externas, mesmo quando não perfeitamente caracterizadas em plantas, deverão ser regularizadas de forma a permitir sempre fácil acesso e perfeito escoamento das águas superficiais.

6.3.3. Escavação

- Os serviços de escavação visam a retirada de solo de um dado terreno a fim de atingir a profundidade ou a cota necessária à execução de uma determinada construção.
- As valas de fundação de pedra terão largura de 30cm de profundidade de 50cm.

6.3.4. Aterro e reaterro

- Os trabalhos de aterro e reaterro deverão ser executados com materiais escolhidos, areia ou terra sem detritos vegetais ou matéria orgânica.
- O apiloamento deverá ser em camadas sucessivas de no máximo 20cm, convenientemente molhadas, para perfeita consolidação, de modo a serem evitadas posteriores fendas, trincas ou desníveis por recalque, das camadas aterradas.
- Após a execução da fundação, deverá ser feito pelo contratado o reaterro das valas com apiloamento e remoção ou espalhamento da terra excedente.

6.3.5. Fundações

- As fundações serão do tipo rasa direta e corrida.
- Para sua execução serão utilizadas alvenaria de pedra de mão (20 a 30cm de diâmetro máximo) com 30cm de largura e 50cm de profundidade (dimensões mínimas), executadas abaixo do nível do solo, arrematadas por baldrame, devendo ser rejuntado com argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:4.
- Antes de serem implantadas as fundações, deverá ser feito um apiloamento para regularização do terreno.
- O fundo da vala deverá ser abundantemente molhado com a finalidade de localizar possíveis elementos estranhos não aflorados que serão identificados por percolação das águas, e após isso, deverá ser fortemente apiloado.

6.3.6. Baldrame

- O baldrame será de tijolo maciço (20cm x 10cm x 5cm) dobrado, 1 vez, executado acima do nível do solo, devendo atingir uma cota mínima de 20cm acima do nível do terreno, para evitar infiltrações e alagamentos. Seu rejunte será com argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:4. Nas casas desenvolvidas pela CEF o baldrame é especificado em tijolo furado. No caso das construções em adobe, o baldrame pode ser executado em pedra de mão, ou mesmo em seixo rolado dependendo da região, e da disponibilidade local do material.

6.3.7. Cinta de impermeabilização

- Sobre o baldrame, quando as condições do terreno forem desfavoráveis, deverá ser executada, uma cinta de concreto armado no traço 1:2:4, com dimensões mínimas de 10 x 10cm, armada com dois ferros Ø 6,3mm na parte inferior e dois ferros Ø 6,35mm na parte superior, com estribos Ø 5mm a cada 25cm. As emendas deverão ter um transpasse de no mínimo, 40cm amarrados com arame recozido nº. 18.
- O ambiente Estar/Jantar deverá receber na parte superior de suas paredes uma cinta de seção e armadura semelhantes à cinta de impermeabilização, funcionando como cinta de amarração, aumentando a estabilidade das respectivas paredes.

6.4. ALVENARIA

Tem-se aqui uma análise das variações dos sistemas construtivos em tijolo vermelho furado executado pelo INCRA, e no sistema de vedação em adobe.

- As alvenarias de elevação serão executadas com tijolos cerâmicos furados (19cm x 19cm x 9 cm), a ½ vez, rejuntados com argamassa de cimento e areia vermelha no traço 1:6. As espessuras indicadas em Projeto referem-se às paredes depois de revestidas.
- Os blocos serão assentados formando fiada perfeitamente nivelada, aprumada e alinhada, com junta, de no máximo 1,5cm de espessura formando linhas horizontais contínuas e verticais descontínuas.
- Sobre a alvenaria de elevação, quando as condições do terreno forem desfavoráveis, deverá ser executada uma cinta de concreto armado no traço 1:2:4 com dimensões mínimas de 10cm x 10cm, armada com dois ferros Ø 10,0mm na parte inferior e dois ferros Ø 6,3mm na parte superior, com estribos Ø 5mm a cada 20cm. As emendas deverão ter um transpasse de no mínimo 40cm, amarrados com arames recozidos nº. 18.
- Quando existir Projeto de Instalações, toda tubulação embutida nas paredes deverá ser envolvida em seu perímetro, com argamassa de cimento e areia ao traço 1:3.
- Os vãos das portas e janelas, que deverão possuir vergas de concreto armado, poderão ser pré-fabricadas.

- Deverão ser colocados tufos de madeira com 2,5cm de espessura no mínimo para fixação dos forramentos, sendo três pregos de ripa na face superior e inferior e assentados na argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:3. Esse item corresponde a quase a 50% do custo total da construção do INCRA, no valor nominal em outubro de 2011 de R\$ 7.957,58. Na construção com sistema em adobe, teremos uma redução substancial nesse item, relativo ao cimento que significa R\$ 2.100,00 na casa com sistema convencional com 100 sacas de cimento, sendo reduzida para 20 sacas, usadas para fundação, e piso de cimento queimado na construção. A análise sobre o custo de pedra, relativa à brita e à pedra de mão, foram seguidos os mesmos valores mesmo levando em consideração que em várias localidades terão um custo extremamente baixo, principalmente nas regiões de serra no Ceará.
- Também seria necessária a elevação do baldrame convencional, seja em pedra ou tijolo furado, para 40cm acima do nível do terreno. O valor do item corresponde a R\$ 5.329,58, uma economia de quase R\$ 3.000,00, na redução de cimento e na substituição dos tijolos convencionais por adobe.

6.5. COBERTURA

O sistema de cobertura será avaliado, apesar de não haver possibilidades de uma mudança do sistema.

A adoção de outros sistemas podem e devem ser avaliados mas levando em conta o aspecto cultural dessa mudança.

6.5.1. Estruturas de madeira

- Todo o madeiramento que compõe a cobertura será executado em madeira de lei (de boa procedência e qualidade, entendida como aquela que não ofereça danos à segurança do usuário), tais como: maçaranduba, muiacatiara, angelim, cumarú, etc., de boa qualidade isenta de quaisquer imperfeições, como rachaduras, lascas, outros defeitos e perfeitamente desempenada e seca.
- No madeiramento da coberta serão utilizadas as peças com as seguintes dimensões:
- Linhas de 6cm x 12cm, para vãos menores e iguais a 3,50m;

- Caibros de 5cm x 2,5cm,afastamento médio de 40cm;
- Ripas de 5cm x 1,5cm, afastamento médio de 40cm para o meio e 31cm para o beiral.

6.5.2. Telhamento em telha cerâmica

- O telhamento será com telha de barro tipo canal, com uma inclinação mínima variando de 25 a 30%, e um consumo médio por metro quadrado de 26 a32 unidades, onde se exige um perfeito alinhamento.
- As telhas deverão ter um transpasse ideal para evitar goteiras.
- Não serão aceitas telhas de barro que se apresentarem furadas, sujas, com quaisquer imperfeições ou fissuradas.
- O telhamento em telhas ecológicas, onduladas ou mesmo metálicas, também vem sendo executadas nesse padrão de habitação, mas em menor escala no Nordeste do país.
- A cobertura tem um percentual de aproximadamente 20% do custo total da obra do INCRA. O que podemos avaliar que é esse custo nominal corresponde aR\$ 3.225,00.
- Esses valores são reflexo de madeira não necessariamente regional, e notadamente com custo mais elevado. A passagem do sistema mais nobre para um sistema que utilize madeiras mistas reduziria a um custo de R\$ 2.418,00. É importante lembrar que existem várias possibilidades de coberta. Nas casas de adobe a utilização de madeiras locais, como cipó preto, sabiá, entre outras, reduz drasticamente esse custo. Já sendo feita de maneira geral nas pequenas localidades, e muitas vezes, levando em consideração, a utilização de técnicas de manejo com madeiras de desgalhe.
- A análise para utilização de outra coberta, que não a convencional, também pode ser avaliada, apesar de cobertas em terra ou abóbadas em adobe não fazerem parte de cultura local da construção, mas que sem dúvida reduziria em muito o custo,e um impacto ambiental muito menor, sem custos de deslocamento e logística de materiais.

6.6. ESQUADRIAS E FERRAGENS

Serão abordadas as esquadrias de madeira e os tipos de ferragens utilizadas.

6.6.1. Esquadria de madeira

- As esquadrias deverão obedecer rigorosamente, quanto à sua localização, tipologia, dimensões, quantitativo e execução, às indicações do quadro de esquadrias do projeto arquitetônico e respectivos desenhos de detalhes construtivos.
- As portas e janelas devem ser em madeira de lei (madeira mista), com espessura mínima de 2,0cm. Todo madeiramento empregado deverá ser devidamente aplainado, seco, lixado e isento de defeitos que comprometam sua finalidade, não sendo aceitas peças que tiverem rachaduras, nós, escoriações, falhas, empenamentos, emendas e desigualdade de madeira e nem defeito de fabricação.
- Seus respectivos forramentos e caixas devem seguir o padrão da madeira, com 2,0cm de espessura e 10,0cm de largura.
- A fixação desses componentes será nas paredes, através de ganchos de ferros ou pregos, utilizando-se uma argamassa de cimento e areia com traço 1:3.

6.6.2. Ferragens

- Nas portas com altura de até 2,10m serão usadas dobradiças de 3'' x 4 1/2'' em ferro cromado, sendo 3 por folha.
- Nas portas a partir de 2,10m serão usadas dobradiças em ferro cromado.
- Nas janelas serão usadas dobradiças de 3'' x 2 1/2'' em ferro cromado, sendo duas por folha. Os ferrolhos serão de 5''.
- As maçanetas das portas, salvo condições especiais, serão localizadas a 1,05m do piso acabado.
- As esquadrias utilizadas no projeto do INCRA poderiam facilmente ser produzidas, como o madeiramento de cobertura, com madeira local e possivelmente, na própria obra.

- A geração de unidades de beneficiamento, para esquadrias e coberta nos municípios, seria fundamental na redução de custos desse material.

6.7. REVESTIMENTOS

São analisadas as várias etapas de revestimento executadas nas obras do INCRA.

6.7.1. Chapisco

- Todas as alvenarias de tijolos cerâmicos devem ser revestidas interna e externamente com chapisco de argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:3, com espessura mínima de 5,0mm.

Nas construções em adobe, esse chapisco se resumirá junto ao baldrame.

6.7.2. Reboco

- Após terminado o chapisco e a colocação dos peitoris e forramentos e antes do assentamento dos alisares e rodapés, é feito o reboco nas alvenarias internas e externas.
- O reboco terá espessura mínima de 1,5cm de argamassa de cimento e areia peneirada no traço 1:6. Será esponjado e nunca alisado à colher.
- O reboco será regularizado e desempenado à régua e desempenadeira, devendo apresentar aspecto uniforme, não podendo ser tolerada qualquer ondulação e desigualdade de alinhamento na superfície.
- Na construção em adobe utiliza-se reboco em terra, ou com opção de uma argamassa de terra e cal.

6.7.3. Revestimento cerâmico

- Todas as cerâmicas serão de boa qualidade, assentadas nos locais indicados no projeto arquitetônico e respeitando as dimensões e formatos indicados.

- As paredes que forem receber cerâmicas serão emboçadas com argamassa de cimento e areia fina no traço 1:6.
- As paredes deverão ser suficientemente molhadas, no momento do assentamento das cerâmicas.
- A argamassa de assentamento deverá ser adequada ao uso interno de cerâmicas.
- A colocação das cerâmicas será feita de modo a serem obtidas juntas de espessuras constantes, não superiores a 2mm.
- As cerâmicas cortadas para passagem de peças de instalações não devem apresentar rachaduras nem emendas.
- Toda tubulação embutida na parede deverá ser feita antes do reboco pronto; o teste de vazamento da instalação hidráulica e sanitária antes do assentamento do piso.
- Quando não indicado no Projeto, as cerâmicas deverão ser executadas até uma altura mínima de 1,60m.

6.8. PINTURA

Será especificado o tipo de pintura executada no INCRA e seu método e cuidado executivo.

- As superfícies a serem pintadas serão cuidadosamente limpas e preparadas para cada tipo de pintura a que se destinam.
- As superfícies deverão estar secas e isentas de pó durante a pintura.
- As superfícies só poderão ser pintadas quando perfeitamente enxutas.
- Elas internamente terão 3 demãos de cal ou hidrator.
- As paredes externas terão a mesma pintura que as internas.
- As esquadrias de madeira serão emassadas e lixadas antes de iniciar a pintura.
- Serão aplicadas 2 demãos de esmalte depois de aplicado o fundo branco.
- A utilização de tinta de cal constitui também uma excelente solução para as construções em adobe, já que não impermeabilizam a parede, evitando retenção de água no seu interior, e agravando problemas comuns como umidade por capilaridade.
- A possibilidade de a parede respirar é fundamental para a redução de patologias originadas por tintas que impermeabilizem, como látex ou acrílica.

6.9. PAVIMENTAÇÃO

O processo de colocação de pavimento na edificação será analisado em subitens.

- Todo solo será nivelado, aguado e bem apiloado em camadas de espessura não superior a 0,20m de modo a construir uma infraestrutura de resistência uniforme.
- Em toda a área do piso deverá ser executado lastro de conta piso em tijolo maciço (20cm x 10cm x 5cm) devidamente juntado com traço de 1:3 ou concreto simples com 6,0cm de espessura no traço 1:3:6.
- O contrapiso terá espessura de 5,0cm, sendo executado com material de boa qualidade, devidamente umedecido e compactado. Em seguida, deve-se cobri-lo com uma camada de argamassa de cimento e areia grossa para acomodação, com um traço de 1:6.
- O piso será executado sobre o contrapiso, sendo do tipo cimentado queimado (liso) com espessura mínima de 2,0cm, no traço de 1:3 de cimento e areia grossa peneirada.
- Todo cimentado deverá ter uma declividade mínima, a fim de possibilitar um bom escoamento de líquidos.
- Nas áreas sujeitas a lavagens constantes, o piso terá uma declividade de 2,0%, para perfeito escoamento das águas em direção aos ralos, portas, etc.
- As calçadas de contorno serão executadas da mesma forma do piso interno e seu acabamento será em cimento áspero com espessura mínima de 2,0cm no traço 1:3 de cimento e areia grossa, onde serão riscadas a cada 60cm. A calçada de contorno terá largura padronizada em 60cm.

Nas construções em adobe, é comum encontrar-se tijolos vermelhos utilizados como piso, sendo denominados lajotas. Ou pode-se encontrar o piso em cimento queimado da mesma forma executada nas edificações do INCRA.

6.10. INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

Especificações das instalações hidrossanitárias detalhadas por etapas.

6.10.1. Instalações hidráulicas

- A tubulação será executada em tubo de PVC soldável, tendo um ramal de alimentação domiciliar com diâmetro de $\frac{3}{4}$ ", e as tubulações para cada ponto/aparelho localizado terão um diâmetro mínimo de alimentação de $\frac{1}{2}$ ".
- As conexões deverão ser em PVC soldável e conectadas à tubulação através de adesivo.
- As canalizações de distribuição de água nunca serão inteiramente horizontais, devendo apresentar declividade mínima de 2,0% no sentido do escoamento.
- As ferragens serão de fabricação de boa qualidade.
- As tubulações das instalações deverão ser verificadas quanto à sua posição, bem como devem ser feitos os testes de vazamento, antes do início do revestimento.
- Será executada ou adquirida uma caixa d'água para atender o consumo residencial com capacidade de 500 litros.

6.10.2. Instalações sanitárias

- As tubulações serão executadas em tubo de PVC soldável nas seguintes bitolas:
 - A ligação da bacia sanitária para a caixa de inspeção e a fossa será de 100mm;
 - As outras instalações terão bitola de $1\frac{1}{2}$ " ou 40mm.
- As conexões serão de marcas idênticas e conectadas através de adesivo.
- No Box do banheiro será obrigatório o ralo plástico sifonado.
- As caixas de gordura terão que ser sifonadas.
- As canalizações de distribuições deverão apresentar declividade mínima de 2,0% no sentido do escoamento.

- As louças serão de boa qualidade.
- A tubulação de ventilação será de PVC soldável de 40mm, sendo exigido um transpasse de 30cm acima do telhado.
- As tubulações das instalações sanitárias deverão ser verificadas quanto à sua posição, bem como, feitos os testes de vazamento antes do início da pavimentação.

6.11. DETALHAMENTO DAS PEÇAS E EQUIPAMENTOS

Detalhamento de equipamentos complementares para execução da obra.

6.11.1. Banheiro

- 1 vaso sanitário de louça sifonado, padrão popular.
- 1 caixa de descarga de sobrepor de plástico, externa e com volume de 9 litros.
- Ralo sifonado.
- 1 chuveiro de plástico.
- 1 lavatório de louça em tamanho médio, simples e padrão popular.

6.11.2. Cozinha

- 1 pia em mármore sintético, com 1,20m de comprimento por 0,50m de largura, assentada sobre paredes de alvenaria de $\frac{1}{2}$ vez, no bordo livre é encaixada em 5cm na alvenaria de elevação, do outro lado. Tomando cuidado com o caimento adequado das águas servidas para a fossa.

6.11.3. Área de serviço

- Tanque pré-moldado de lavagem de cimento, apoiado em alvenaria de $\frac{1}{2}$ vez;

6.12. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Detalhamento das várias etapas na instalação elétrica na habitação.

- A execução das instalações elétricas obedecerá rigorosamente ao respectivo projeto elétrico, especificações e detalhes, bem como às Normas Técnicas da ABNT, para que venha preencher satisfatoriamente as condições de utilização e durabilidade.
- A tubulação deverá ser executada em PVC embutida na parede até a coberta.
- A descida de fiação pelas paredes até interruptores e tomadas, deverá ser feita dentro de eletrodutos de plástico na bitola permitida para o número de fios (mínima de 1/2").
- O diâmetro da fiação não deverá ser inferior a 14 AWG (600V).
- Todos os condutores correrão embutidos nas paredes e serão aparentes quando aéreos, fixados por cleat's de louça ou similar.
- Os interruptores e tomadas serão do tipo universal, padrão do Programa Luz para todos.
- Os interruptores ficarão a 1,10m do piso e as tomadas a 0,40m. Somente a tomada que fica sobre o balcão da cozinha, quando for o caso, esta ficará com 1,30m do piso.
- Os quadros de distribuição e os de medição deverão obedecer rigorosamente os padrões da concessionária de energia local Companhia Energética do Ceará (COELCE).
- Todos os compartimentos terão, no mínimo, uma tomada e um ponto de luz. Nos compartimentos acima de 15m² terão um ponto de luz e para cada 15m² ou fração, um ponto de luz e uma tomada.

Toda tubulação deverá ser verificada quanto à sua posição, antes do início do revestimento.

6.13. DIVERSOS

- As dimensões da fossa séptica serão de no mínimo de 2,00m x 1,00m x 1,50m em alvenaria revestida com tampa de concreto armado e do sumidouro de 1,00m x 1,00m x 1,50m devidamente vazada e sem fundo com tampa de concreto armado com os elementos destinados à disposição do efluente.
- Sua localização, dimensão e detalhes construtivos deverão ser de acordo com o respectivo projeto, obedecendo às inclinações do terreno.
- O nível do fundo do sumidouro deverá ficar, no mínimo, 1,00m acima do lençol freático.

As planilhas de orçamentos foram alvo de um levantamento de custos detalhados, dado que os valores cedidos pelo INCRA datavam de 2009, na última execução de casas na região norte do Estado. Os novos valores atualizados foram cotados, junto a um requerimento de orçamento, à empresa NORMATEL LTDA que já atua como fornecedora cadastrada, junto ao INCRA e CEF.

A Tabela 6.1 apresenta um custo total da construção das casas de sistema tradicional, desenvolvida pelo INCRA, e em seguida, na Tabela 6.2 foi amostrado um sistema alternativo em adobe.

Tabela 6.1 Custo total da construção das casas de sistema tradicional, desenvolvida pelo INCRA

Planilha de orçamento					
Nº	Item	Unid.	Quant.	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
1	SERVIÇOS				
1.1	Pedreiro	H	40,00	75,00	3.000,00
	SUBTOTAL				3.000,00
2	LOCAÇÃO, FUNDAÇÃO, ALVENARIA, PISO E OUTROS				
2.1	Arame recozido nº 18	kg	1,00	6,00	6,00
2.2	Areia média	m³	19,00	40,00	769,00
2.3	Argamassa pré-fabricada de cimento colante	kg	87,60	0,33	29,19
2.4	Armador para rede	par	7,00	13,99	97,93
2.5	Barra de aço CA-50 10.0mm	m	56,00	1,58	88,67
2.6	Barra de aço CA-50 6.3mm	m	177,00	2,80	495,60
2.7	Brita	m³	12,00	70,00	840,00
2.8	Cal em pó para pintura	kg	250,00	0,99	225,00
2.9	Cal hidratada	kg	764,66	0,20	152,93
2.10	Cimento Portland	sc.50kg	100,00	21,00	2.100,00
2.11	Pedra tosca (de mão)	m³	12,00	50,00	600,00
2.12	Pontaletes 3º construção (seção 3x3'')	m	3,00	2,30	6,90

Continuação da Tabela 6.1. Custo total das casas de sistema tradicional, desenvolvida pelo INCRA

Planilha de orçamento					
Nº	Item	Unid.	Quant.	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
2.13	Prego 18x27 (2 ^{1/2} "x10)	kg	1,00	4,00	4,00
2.14	Rejunte	kg	5,48	2,00	10,95
2.15	Revestimento cerâmico	m²	23,00	18,50	425,41
2.16	Tábua de 30cm	m	6,00	3,50	21,00
2.17	Tijolo cerâmico furado	un	5.200,00	0,42	2.184,00
2.18	Tijolo comum	un	1.500,00	0,18	270,00
	SUBTOTAL				7.957,58
3	COBERTURA				
3.1	Barrote (5 x 5cm)	m	24,50	6,00	147,00
3.2	Caibro (5 x 2,5cm)	m	230,00	3,00	690,00
3.3	Linha (6 x 12cm)	m	60,00	15,00	900,00
3.4	Prego	kg	8,00	10,00	80,00
3.5	Ripa (1,5 x 5cm)	m	230,00	1,60	368,00
3.6	Telha cerâmica tipo colonial	un	2.600,00	0,40	1.040,00
	SUBTOTAL				3.225,00
4	ESQUADRIAS				
4.1	Porta tipo ficha (0.60x2.10)m – rolada madeira mista	un	1,00	63,00	63,00
4.2	Porta tipo ficha (0.80x2. 10)m – rolada madeira mista	un	5,00	84,00	420,00
4.3	Batente de madeira para porta de 1 folha – vão de até 0,90 x 2,10m (espessura: 35,00 mm / largura: 140,00 mm / tipo de madeira: PERoba / perímetro: 5,40 m)	un	5,00	25,00	125,00
4.4	Janela tipo ficha madeira mista	un	6,00	55,00	330,00
4.5	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm / extremidades testa e contra testa: RETAS / tipo de fechadura: CILINDRO / tipo de guarnição: ESPELHO / tipo de maçaneta: ALAVANCA)	un	5,00	11,60	58,00
4.6	Dobradiça de ferro para porta – leve pino solto (largura: 2 ½" / altura: 3")	un	15,00	4,0	60,00
4.7	Dobradiça de latão tipo palmeira para janela (largura: 3 ½" / altura: 3 ½")	un	18,00	2,20	39,60
4.8	Ferrolho latão	un	6,00	1,60	9,60
4.9	Lixa 100	un	12,00	0,92	11,04
4.10	Prego 16 x 24	kg	5,00	3,20	16,00
4.11	Parafuso madeira cabeça chata fenda simples – zincado branco (comprimento: 90mm / diâmetro nominal: 6, 10 mm)	un	96,00	6,00	576,00
4.12	Esmalte sintético	l	5,00	12,00	60,00
4.13	Aguarrás mineral	l	2,00	11,14	22,28
4.14	Fundo nivelador para madeira barnco fosco	l	4,00	17,61	70,44
4.15	CombogóAnte-chuva (50x40cm)	un	3,00	3,50	10,50
	SUBTOTAL				1871,40
5	FOGÃO ECOLÓGICO				
5.1	Chapa com 3 bocas	un	1,00	25,51	25,51
5.2	Cimento Portland	sc.50kg	0,50	21,00	10,50
5.3	Estrutura de ferro	un	1,00	200,00	200,00
5.4	Massa refratária	kg	50,00	0,40	20,00
5.5	Tijolo cerâmico furado	un	35,00	0,42	14,70
5.6	Tijolo refratário	un	70,00	0,30	21,00

Continuação da Tabela 6.1. Custo total das casas de sistema tradicional, desenvolvida pelo INCRA

Planilha de orçamento					
Nº	Item	Unid.	Quant.	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
SUBTOTAL					291,71
6	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				
6.1	Adaptador de 25x3/4"	un	3,00	0,30	0,90
6.2	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 20mm	un	1,00	3,80	3,80
6.3	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 25mm	un	1,00	4,80	4,80
6.4	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 40mm	un	1,00	9,50	9,50
6.5	Adesivo para PVC – 75g	un	1,00	1,60	1,60
6.6	Bucha de redução de 25x20mm	un	1,00	0,20	0,20
6.7	Caixa d'água 500 l	un	1,00	153,00	153,00
6.8	Calha de zinco	m	10,00	10,00	100,00
6.9	Cano soldável 25mm	m	6,00	1,50	9,00
6.10	Chuveiro PVC	un	1,00	9,50	9,50
6.11	Joelho 90° de 20mm	un	2,00	0,32	0,64
6.12	Joelho 90° de 25mm	un	8,00	0,47	3,46
6.13	Lixa 100	un	1,00	0,35	0,35
6.14	Registro de esfera de 3/4 metálico	un	1,00	6,00	6,00
6.15	Registro de pressão de 3/4	un	1,00	5,00	5,00
6.16	Te 90° de 20mm	un	4,00	0,53	2,32
6.17	Te 90° de 25mm	un	3,00	0,79	2,37
6.18	Torneira de boia de 1/2	un	1,00	43,00	43,00
6.19	Torneira de jardim de 1/2 - metálica de esfera	un	1,00	7,00	7,00
6.20	Torneira de parede para pia e lavatório – 1/2 - PVC	un	1,00	6,00	6,00
6.21	Tubo de descida e distribuição PVC 50mm	m	10,00	4,00	40,00
6.22	Tubo de PVC de 20mm	m	10,00	0,85	8,50
6.23	Tubo de PVC de 25mm	m	26,00	1,00	26,00
SUBTOTAL					443,24
7	INSTALAÇÕES SANITÁRIAS				
7.1	Assento para bacia sanitária	un	1,00	10,00	10,00
7.2	Bacia sanitária	un	1,00	65,00	65,00
7.3	Bucha de redução de 50x40mm	un	1,00	0,85	0,85
7.4	Caixa de descarga externa de plástico	un	1,00	13,50	13,50
7.5	Caixa sifonada 100mm	un	2,00	4,00	8,00
7.6	Fita veda rosca	un	1,00	1,00	1,00
7.7	Joelho 45° 40mm	un	2,00	0,80	1,60
7.8	Joelhos 45° 50mm	un	1,00	1,25	1,25
7.9	Joelho 90° 100mm	un	1,00	2,90	2,90
7.10	Joelho 90° 40mm	un	8,00	0,65	5,20
7.11	Joelho 90° 50mm	un	3,00	0,90	2,70
7.12	Junções 45° 100x50mm	un	1,00	4,90	4,90
7.13	Junção 45° 50mm	un	2,00	2,90	5,80
7.14	Lavanderia de cimento	un	1,00	20,00	20,00
7.15	Lavatório de louça	un	1,00	24,00	24,00
7.16	Ligação de caixa de descarga	un	1,00	4,29	4,29
7.17	Pia de cozinha em mármore sintético (1,20 x 0,60m)	un	1,00	115,00	115,00
7.18	Sifão para pia	un	2,00	5,50	11,00
7.19	Tubo de PVC 100mm	m	5,00	5,00	25,00
7.20	Tubo de PVC 40mm	m	7,50	2,00	15,00

Continuação da Tabela 6.1. Custo total das casas de sistema tradicional, desenvolvida pelo INCRA

Planilha de orçamento					
Nº	Item	Unid.	Quant.	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
7.21	Tubo de PVC 50mm	m	9,50	3,10	29,45
7.22	Válvula para lavatório	un	1,00	1,60	1,60
7.23	Válvula para pia	un	2,00	1,00	2,00
8	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				
8.1	Arame galvanizado 12BWG	m	3,00	0,30	0,90
8.2	Bengala em eletroduto de 32mm	un	1,00	7,50	7,50
8.3	Caixa para disjuntores com 3 módulos	un	1,00	6,39	6,39
8.4	Caixa para medidor monofásico	un	1,00	30,00	30,00
8.5	Caixa plástica 4''x2''	un	7,00	0,64	4,48
8.6	Caixa plástica 4''x4''	un	1,00	1,30	1,30
8.7	Cleat (pacote com 8 pares)	un	2,00	1,00	2,00
8.8	Curva 90° PVC 32mm	un	2,00	2,10	4,20
8.9	Disjuntor monofásico de 20ª	un	1,00	6,50	6,50
8.11	Eletroduto flexível 20mm	m	15,00	1,23	18,43
8.12	Fio 2,5mm²	m	90,00	0,55	49,50
8.13	Interruptor 1 seção com espelho	un	2,00	3,30	6,60
8.14	Interruptor 2 seções com espelho	un	1,00	5,71	5,71
8.15	Interruptor simples de 1 seção + tomada 2P universal com espelho	un	2,00	8,60	17,20
8.16	Interruptor simples de 2 seções + tomada 2P universal com espelho	un	1,00	11,60	11,60
8.17	Isolador de porcelana	un	1,00	1,63	1,63
8.18	Lâmpada Fluorescente (conjunto) 20W	un	7,00	20,00	140,00
8.19	Mini-poste	un	1,00	105,00	105,00
8.20	Parafuso galvanizado de 12cm x 16mm com porcas e arruelas	un	1,00	1,90	1,90
8.21	Tomada 2P universal com espelho	un	1,00	4,80	4,80
	SUBTOTAL				426,82
	Data: 26 de outubro de 2011	TOTAL		R\$	17.585,85

Tabela 6.2 Custo total da construção das casas de um sistema alternativo em adobe

Planilha de orçamento					
Nº	Item	Unid.	Quant.	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
1	SERVIÇOS				
1.1	Pedreiro	H	40,00	75,00	3.000,00
	SUBTOTAL				3.000,00
2	LOCAÇÃO, FUNDAÇÃO, ALVENARIA, PISO E OUTROS				
2.1	Arame recozido nº 18	kg	1,00	6,00	6,00
2.2	Areia média	m3	19,00	40,00	769,00
2.3	Argamassa pré-fabricada de cimento colante	kg	87,60	0,33	29,19
2.4	Armador para rede	par	7,00	13,99	97,93
2.5	Barra de aço CA-50 10.0mm	m	-----	-----	-----
2.6	Barra de aço CA-50 6.3mm	m	-----	-----	-----
2.7	Brita	m3	12,00	75	840,00
2.8	Cal em pó para pintura	Kg	250,00	0,99	225,00
2.9	Cal hidratada	Kg	764,66	0,20	152,93
2.10	Cimento Portland	sc. 50kg	15	21,00	315
2.11	Pedra tosca (de mão)	m3	12,00	15	180
2.12	Pontaletes 3º construção (seção 3x3'')	m	3,00	2,30	6,90
2.13	Prego 18x27 (2 ½'' x 10)	kg	1,00	4,00	4,00
2.14	Rejunte	kg	5,48	2,00	10,95
2.15	Revestimento cerâmico	m2	23,00	18,50	425,41
2.16	Tábua de 30cm	m	6,00	3,50	21,0
2.17	Tijolo cerâmico furado	un	500	0,42	210
2.18	Bloco adobe	un	4000	0.18	720
	SUBTOTAL				4.013,31
3	COBERTURA				
3.1	Barrote (5 x 5cm)	m	24,50	6,00	147,00
3.2	Caibro (5 x 2,5cm)	m	230,00	3,00	690,00
3.3	Linha (6 x 12cm)	m	60,00	15,00	900,00
3.4	Prego	kg	8,00	10,00	80,00
3.5	Ripa (1,5 x 5cm)	m	230,00	1,60	368,00
3.6	Telha cerâmica tipo colonial	un	2.600,00	0,40	1.040,00
	SUBTOTAL				3.225,00
4	ESQUADRIAS				
4.1	Porta tipo ficha (0.60x2.10)m – rolada madeira mista	un	1,00	63,00	63,00
4.2	Porta tipo ficha (0.80x2. 10)m – rolada madeira mista	un	5,00	84,00	420,00
4.3	Batente de madeira para porta de 1 folha – vão de até 0,90 x 2,10m (espessura: 35,00 mm / largura: 140,00 mm / tipo de madeira: PERoba / perímetro: 5,40 m)	un	5,00	25,00	125,00
4.4	Janela tipo ficha madeira mista	un	6,00	55,00	330,00
4.5	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm / extremidades testa e contra testa: RETAS / tipo de fechadura: CILINDRO / tipo de guarnição: ESPELHO / tipo de maçaneta: ALAVANCA)	un	5,00	11,60	58,00
4.6	Dobradiça de ferro para porta – leve pino solto (largura: 2 ½'' / altura: 3'')	un	15,00	4,0	60,00
4.7	Dobradiça de latão tipo palmeira para janela (largura: 3 ½'' / altura: 3 ½'')	un	18,00	2,20	39,60
4.8	Ferrolho latão	un	6,00	1,60	9,60
4.9	Lixa 100	un	12,00	0,92	11,04
4.10	Prego 16 x 24	kg	5,00	3,20	16,00
4.11	Parafuso madeira cabeça chata fenda simples – zincado branco (comprimento: 90mm / diâmetro nominal: 6, 10 mm)	un	96,00	6,00	576,00
4.12	Esmalte sintético	l	5,00	12,00	60,00
4.13	Aguarrás mineral	l	2,00	11,14	22,28
4.14	Fundo nivelador para madeira barnco fosco	l	4,00	17,61	70,44
4.15	Combogó Ante-chuva (50x40cm)	un	3,00	3,50	10,50
	SUBTOTAL				1871,40

Continuação da Tabela 6.2. Custo total da construção das casas de um sistema alternativo em adobe

Planilha de orçamento					
Nº	Item	Unid.	Quant.	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
5	FOGÃO ECOLÓGICO				
5.1	Chapa com 3 bocas	un	1,00	25,51	25,51
5.2	Cimento Portland	sc. 50kg	0,50	21,00	10,50
5.3	Estrutura de ferro	un	1,00	200,00	200,00
5.4	Massa refratária	kg	50,00	0,40	20,00
5.5	Tijolo cerâmico furado	un	35,00	0,42	14,70
5.6	Tijolo refratário	un	70,00	0,30	21,00
	SUBTOTAL				291,71
6	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				
6.1	Adaptador de 25x3/4"	un	3,00	0,30	0,90
6.2	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 20mm	un	1,00	3,80	3,80
6.3	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 25mm	un	1,00	4,80	4,80
6.4	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 40mm	un	1,00	9,50	9,50
6.5	Adesivo para PVC – 75g	un	1,00	1,60	1,60
6.6	Bucha de redução de 25x20mm	un	1,00	0,20	0,20
6.7	Caixa d'água 500 l	un	1,00	153,00	153,00
6.8	Calha de zinco	m	10,00	10,00	100,00
6.9	Cano soldável 25mm	m	6,00	1,50	9,00
6.10	Chuveiro PVC	un	1,00	9,50	9,50
6.11	Joelho 90° de 20mm	un	2,00	0,32	0,64
6.12	Joelho 90° de 25mm	un	8,00	0,47	3,46
6.13	Lixa 100	un	1,00	0,35	0,35
6.14	Registro de esfera de 3/4 metálico	un	1,00	6,00	6,00
6.15	Registro de pressão de 3/4	un	1,00	5,00	5,00
6.16	Te 90° de 20mm	un	4,00	0,53	2,32
6.17	Te 90° de 25mm	un	3,00	0,79	2,37
6.18	Torneira de boia de 1/2	un	1,00	43,00	43,00
6.19	Torneira de jardim de 1/2 - metálica de esfera	un	1,00	7,00	7,00
6.20	Torneira de parede para pia e lavatório – 1/2 - PVC	un	1,00	6,00	6,00
6.21	Tubo de descida e distribuição PVC 50mm	m	10,00	4,00	40,00
6.22	Tubo de PVC de 20mm	m	10,00	0,85	8,50
6.23	Tubo de PVC de 25mm	m	26,00	1,00	26,00
	SUBTOTAL				443,24
7	INSTALAÇÕES SANITÁRIAS				
7.1	Assento para bacia sanitária	un	1,00	10,00	10,00
7.2	Bacia sanitária	un	1,00	65,00	65,00
7.3	Bucha de redução de 50x40mm	un	1,00	0,85	0,85
7.4	Caixa de descarga externa de plástico	un	1,00	13,50	13,50
7.5	Caixa sifonada 100mm	un	2,00	4,00	8,00
7.6	Fita veda rosca	un	1,00	1,00	1,00
7.7	Joelho 45° 40mm	un	2,00	0,80	1,60
7.8	Joelhos 45° 50mm	un	1,00	1,25	1,25
7.9	Joelho 90° 100mm	un	1,00	2,90	2,90
7.10	Joelho 90° 40mm	un	8,00	0,65	5,20
7.11	Joelho 90° 50mm	un	3,00	0,90	2,70
7.12	Junções 45° 100x50mm	un	1,00	4,90	4,90
7.13	Junção 45° 50mm	un	2,00	2,90	5,80
7.15	Lavatório de louça	un	1,00	24,00	24,00
7.16	Ligação de caixa de descarga	un	1,00	4,29	4,29
7.17	Pia de cozinha em mármore sintético (1,20 x 0,60m)	un	1,00	115,00	115,00
7.19	Tubo de PVC 100mm	m	5,00	5,00	25,00
7.20	Tubo de PVC 40mm	m	7,50	2,00	15,00

Continuação da Tabela 6.2. Custo total da construção das casas de um sistema alternativo em adobe

Planilha de orçamento					
Nº	Item	Unid.	Quant.	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
7.21	Tubo de PVC 50mm	m	9,50	3,10	29,45
7.22	Válvula para lavatório	un	1,00	1,60	1,60
7.23	Válvula para pia	un	2,00	1,00	2,00
	SUBTOTAL				370,04
8	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				
8.1	Arame galvanizado 12BWG	m	3,00	0,30	0,90
8.2	Bengala em eletroduto de 32mm	un	1,00	7,50	7,50
8.3	Caixa para disjuntores com 3 módulos	un	1,00	6,39	6,39
8.4	Caixa para medidor monofásico	un	1,00	30,00	30,00
8.5	Caixa plástica 4"x2"	un	7,00	0,64	4,48
8.6	Caixa plástica 4"x4"	un	1,00	1,30	1,30
8.7	Cleat (pacote com 8 pares)	un	2,00	1,00	2,00
8.8	Curva 90° PVC 32mm	un	2,00	2,10	4,20
8.9	Disjuntor monofásico de 20ª	un	1,00	6,50	6,50
8.10	Eletroduto de PVC rígido de 32mm	m	2,00	1,25	2,50
8.11	Eletroduto flexível 20mm	m	15,00	1,23	18,43
8.12	Fio 2,5mm²	m	90,00	0,55	49,50
8.13	Interruptor 1 seção com espelho	un	2,00	3,30	6,60
8.14	Interruptor 2 seções com espelho	un	1,00	5,71	5,71
8.15	Interruptor simples de 1 seção + tomada 2P universal com espelho	un	2,00	8,60	17,20
8.16	Interruptor simples de 2 seções + tomada 2P universal com espelho	un	1,00	11,60	11,60
8.17	Isolador de porcelana	un	1,00	1,63	1,63
8.18	Lâmpada Fluorescente (conjunto) 20W	un	7,00	20,00	140,00
8.19	Mini-poste	un	1,00	105,00	105,00
8.20	Parafuso galvanizado de 12cm x 16mm com porcas e arruelas	un	1,00	1,90	1,90
8.21	Tomada 2P universal com espelho	un	1,00	4,80	4,80
	SUBTOTAL				426,82
	Data: 26 de outubro de 2011	TOTAL			R\$ 13.641,58

Observa-se nas Tabelas 6.1 e 6.2 uma redução de custos de aproximadamente 20% na habitação em adobe. Este valor deve, contudo, ser analisado sob uma visão mais abrangente e que leve em consideração inúmeras possibilidades de redução de custos já citadas anteriormente. No entanto pretendeu-se alterar o mínimo possível as especificações gerais, de modo a gerar uma análise comparativa mais real e próxima das construções deste tipo propostas atualmente. A redução de custos, como já comentada, pode atingir maiores margens, caso haja uma reestruturação de cobertura, esquadrias de fabricação local, ou um pequeno centro de beneficiamento de madeira, entre outras coisas.

Um sistema de autoconstrução também reduziria em quase 20% o custo final da obra. Isso leva a considerar que uma habitação mais próxima de características locais, e talvez com projetos e especificações mais adaptáveis, conseguisse custos pelo menos 40% a 50% mais

baixos. Esses valores próximos de 20% também foram alcançados na pesquisa do Instituto HABIS, no assentamento Pirituba 2, em São Paulo, publicado no livro *Procedimentos Inovadores em Gestão Habitacional*, de 2009, volume 9, capítulo 6.

Assim, a base fundamental dessa análise deve ser a possibilidade de um consumo energético infinitamente menor, levando em consideração características locais, aspectos logísticos de deslocamento de materiais, mão de obra local e um conceito construtivo já conhecido das comunidades. O custo ambiental passa a ter dificuldade de ser aferido, e quantificado, mas sem dúvida é um conceito a ser levado em consideração nas construções de vilas rurais e habitações a custos controlados, levando em consideração também a baixa geração de resíduos e construções que resultem em seus processos, uma baixa emissão de CO₂.

6.14. SÍNTESE DO CAPÍTULO

A iniciativa de comparação de uma obra em um sistema tradicional, com um sistema em adobe, leva a uma série de questionamentos, e esse foi o objetivo principal desse capítulo questionar métodos, e suas etapas, e coloca-los detalhadamente em planilhas, de tal modo que possamos ter conclusões reais, sobre essa análise de custos. Sem dúvida a adoção do sistema em adobe levará a valores mais baixos na unidade construída. Essa redução final foi de 20%, valor que poderia ser acrescido muito, na substituição de etapas que encarecem o valor final da obra, como por exemplo coberta. A adoção de especificações rígidas adotadas pelo INCRA, como a exigência de materiais não produzidos na região, determina um engessamento dessas especificações, muitas vezes não buscando materiais de melhor resultado final, ou melhor, custo-benefício, mas materiais que tenham uma maior capilaridade entre distribuidores regionais. Condição que acaba por valorizar marcas de maior abrangência e maior poder econômico. Esse valor de habitação em adobe terminada chegaria facilmente a valores acima de 30% ou 40% de economia sobre a construção tradicional. Vale ressaltar que essa análise aborda apenas o conceito econômico, não contabilizando custos ambientais e impactos nas comunidades dos sistemas, que talvez por si só, já justificasse a adoção do sistema em terra na região.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal objetivo o levantamento das principais características do processo construtivo em terra crua na região norte do Estado do Ceará, uma vez que se entende este tipo construtivo como uma manifestação cultural legítima da região. Percebe-se que o conceito da habitação em adobe já se encontra internalizado e disseminado entre a população que, empiricamente, já entende algumas propriedades importantes do adobe, tais como sua inércia térmica. Realizou-se uma expedição chamada Caminhos da Terra que percorreu a região Norte do Estado do Ceará, chegando a diversas localidades com grande dificuldade de acesso. Essa expedição totalizou 7230km, dividida em várias etapas num período de cerca de dois anos.

Através de entrevistas, aplicações de questionários e documentação fotográfica, foi possível fazer a caracterização do adobe na região, em termos de dimensões dos blocos de adobe, processo de moldagem, tipo de mão-de-obra empregada, detalhes das fundações e modo de fixação de esquadrias, traços adotados para os revestimentos das habitações, tipo de madeira usada nas cobertas, e a existência ou não de plantas arquitetônicas. Coletou-se ainda, na expedição, amostras de solos para a determinação da composição e da resistência à compressão.

Além de registrar e documentar detalhes arquitetônicos procurou-se compreender também o contexto econômico e social das comunidades, assim como a relação entre os vários atores (construtores e proprietários).

Esses dados deram condições de um estudo mais apurado sobre as construções em adobe no Estado. Resultando em um comparativo de custos entre habitações executadas pelo INCRA na região, em áreas de ocupação, e a mesma edificação em blocos de adobe.

Elaborou-se ainda um protótipo de manual de boas práticas de construção em adobe, destinado a construções populares da região, modelo ainda a ser desenvolvido com maior grau de detalhamento em etapas futuras.

Esse levantamento coloca ainda pela primeira vez, o Estado do Ceará, no centro de um mapeamento em construções em terra. O conhecimento sobre a técnica em adobe, desenvolvida no Estado, sem dúvida ajudará ao entendimento das construções rurais, produzidas por iniciativas populares.

Será necessário um olhar novo sobre a questão ambiental e as habitações rurais, construídas atualmente pelo poder público, e suas relações com técnicas importadas com pouca relação cultural com seus moradores, e certo desrespeito à sustentabilidade e à manutenção de uma estrutura social em torno dela.

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Fica esse trabalho como base para desenvolvimento de novas pesquisas em construções em terra, talvez com um universo mais abrangente, com a geração de protótipos, e a extensão da pesquisa a outras regiões do Nordeste brasileiro. Pode-se verificar as diferenciações construtivas entre sistemas em adobe em vários Estados como Piauí e Maranhão. Ou mesmo a verificação do levantamento dessas construções, dentro de uma abrangência geográfica mais extensa bem como a verificação da vida útil dessas edificações, e um estudo que foque nas relações e na malha socioeconômica a partir das construções em adobe no semiárido brasileiro. Tomando como base a metodologia e métodos desenvolvidos nesse trabalho, e mais do que nunca visando a compreensão da construção em adobe como um elo cultural com o passado, mas podendo ser o ponto de partida para novas políticas públicas habitacionais, que levem em conta a sustentabilidade do bioma e a cultura local do semiárido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A

Alexandria, S. S. S. de; Lopes, W. G. R. (2006) - A utilização do adobe no município de Uruçuí: Técnica construtiva tradicional e sustentável. Florianópolis, SC.

Alexandria, S. S. S. de; Lopes, W. G. R. (2008) - A terra na construção civil: edificações de adobe no município de Pedro II, PIAUÍ. 10 p. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Fortaleza, CE.

B

Bahn, P. G. (2005) - Guia Essencial: arqueologia.

Bardou, P.; Arzoumanian, V. (1981) - Arquiteturas de Adobe. Barcelona.

Bel, J. M. (1997) - Yémen, l'art des bâtisseurs. Architecture et vie quotidienne. Bruxelles: Amyris.

Bussoloti, F. (2009) - “HowSnuffWorks – Como funcionam as construções com terra e adobe”.

C

Campos, J. N. B., Studart, T. M. C., Chagas, P. F. (2002) - Reservoir Yield Vulnerability under Global Change In: Global Change and Regional Impacts: Water Availability and Vulnerability of Ecosystems and Society in Semi-Arid Northeast Brazil. ed. Berlim: Springer-Verlag Berlim Heidelberg, p. 239-248.

Carvalho, R. M. de; Varum, H.; Bertini, A. A. A. (2008) - Utilização de Terra Crua com Sistema de Construção: Análise Histórica no Estado do Ceará – Brasil: Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia. Portugal.

Carvalho, R. M. de; Varum, H.; Bertini, A. A. A. (2009) - Mapeamento das construções existentes em adobe no Estado do Ceará, Brasil – Expedição caminhos da terra. VIII SeminarioIberoamericano de Construcción com Tierra – SIACOT. Tucumán – Argentina, 8-13 jun.

CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento. (1984) - Thaba Manual de Construção com solo cimento CEPED BNH URBIS.

Corrêa, A. A. R. et al. (2006) - Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua). Lavras, MG.

Correia, M. (2006) - Terra: Forma de Construir, Arquitetura, Antropologia, Arqueologia. Lisboa.

F

Faria O. B. (2002) - Tese Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental ESC e São Carlos – USP.

Faria, O. B. (2005) - Sistema Construção com paredes estruturais em Adobe – Fazenda Pirituba.

Faria, O. B. (2011) - Apostila oficinas de terra, Rede Ibero Americana PROTERRA. UEMA

Fundação João Pinheiro. (2006) - Déficit habitacional no Brasil. Brasília, DF.

Fundação Getúlio Vargas. (2006) - Relatório Déficit Habitacional

G

Guillaud, H.; Houben, H. (1989) - Traité de Construction em Terre. Marseille: Ed. Parenthèses, PP. 208-215. Traduzidos para português por Maria Fernandes.

Gomes, M. V. (2005) - Arqueologia da arquitectura de terra em Portugal. In: Arquitectura de terra em Portugal (pp.125-131). Lisboa: Argumentum.

H

HABIS. (2004) - Processo de produção de Habit rural.

HABIS 2009 - Procedimentos inovadores em gestão habitacional, Programa Habitare, Vol. 9, Cap. 6.

Huben, H. e Guillard, H. (1994) -Craterre- EAG Marselha.Earth construction a comprehensive guide Craterre-EAG London.Intermediate Technology Publications.

I

IBGE/IPECE (2007) - Contagem Populacional, Governo Federal, Brasil.

INCRA (2009) - Especificações Técnicas e Metodologia de Execução.

Indriunas, L. (2007) - “HowStuffWorks – Como funciona o desenvolvimento Sustentável”.

IPECE. (2009-a) - Anuário Estatístico do Ceará. Edição Governo do Estado do Ceará.

IPECE. (2009-b) - Mapeamento de Solos do Ceará.Edição Governo do Estado do Ceará.

IPECE. (2009-c) - Perfil Básico Municipal. Edição Governo do Estado do Ceará.

K

Kruger, E. L. (1998) - Avaliação de Sistemas Construtivos para a Habitação Social no Brasil, 08 p. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Florianópolis, SC.

L

Latina, M. S. (2003) - Cartilladedivulgacionde tecnologias de tierracruda, Universidade nacional de Tucuman- Argentina.

Laham, A.; Gama, P.; Braz, R. (2004) - Arquitetura BIOCLIMÁTICA: Perspectivas de inovação e futuro. Seminários de Inovação, 2004. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Larcher, J.V.M. (2005) - Diretrizes visando À melhoria de projetos e soluções construtivas na expansão de habitações de interesse social. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – FACULDADE DE Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Lichtenberg, A. (2008) - O que é sustentabilidade. Revista Técnica Ed.133. Rio de Janeiro, Abr.2008. p.45.

Logsdon, N. (2002) - UFMT – Estruturas de madeira para coberturas sob a ótica da NBR 7190/1997. Cuiabá, MT.

M

Maciel, A. A. (2006) - Integração de Conceitos Bioclimáticos ao Projeto Arquitetônico. 197 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil(PPGEC). Universidade Federal de Santa Catarina.

Mello, C W. de; DUARTE, R.B. (2006) - Avaliação de Sistemas Construtivos para Habitações de Interesse Social, 08 p. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, SC.

Milanez, (1958) - A casa de terra: as técnicas de estabilização do solo a serviço do homem do campo.

Minke, G. (2001) - Manual de Construcciónentierra: latierra como material de construcción y sus aplicaciones em laarquitecturaactual. Montevideo: Nordan – comunidad. 222p.

MMA. (2010) - Relatório anual do Ministério do Meio Ambiente sobre Desmatamento– Brasília.

Morales, (2004) -proyectoarqueologicohuacas Del sol y de La luna- trujillo. Universidad nacional de Trujillo.

Motta, A. L. T. D. da; Machado, J. M.; Scovino, P. F. (2004) - O resgatado adobe e sua adequação à necessidade de construções contemporâneas. In: 2º Congresso Nacional da Construção, Cidade do Porto. CONSTRUÇÃO, v.1.

N

NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação.

NBR 8492 – Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio.

NBR 10832 – Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento.

NBR 10833 – Fabricação de tijolo maciço de bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica. Procedimento.

NBR 10834 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação.

NBR 10835 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Forma e dimensões. Padronização.

NBR 10836 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio.

Neves, C. & Faria, O. B. (2008) - Programa Interlaboratorial PROTERRA. Ensaio de Adobe. In: Terrabrasil 2008. São Luís: UEMA; PROTERRA; Terra Brasil. 1CD-ROM.

Neves; Faria. O. B. (2010) -PROTERRA , publicação anual

Neves; Faria. O. B. (2011) -PROTERRA , publicação anual

Neves; Faria. O. B. (2008) - PROTERRA, UEMA. Oficinas de terra. Apostila.

Novaes, M. De V.; Mourão, C.A.M. (2008) - Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil. COOPERCON. 1ª Ed. Fortaleza, CE, 100p.

O

Oliveira, L. B. (2003) - Arquitetura e Sustentabilidade: perspectivas, dificuldades e propostas. Dissertação de Mestrado. Brasília: UnB.

Oliveira, L. B. (2005) - Introdução ao estudo de adobe: construção de alvenaria. Projeto Cantoar/ FAU. Brasília.

P

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra em Domicílio. (2005) - Brasília.

Proyecto AHSA(2001) - Manual para constructores LAK AUTA. La Paz, Bolivia

S

Scarre, C. (2000) - Monuments du Monde Ancien. Les Secrets des Premiers Bâisseurs. Paris: Éditions Hazan.

Silva, C. G. T. (2000) - Conceitos e preconceitos relativos às Construções em Terra Crua. Dissertação (Mestrado em saúde pública) - Escola Nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro.

Silva, F. M. G. da; Barreto, M. G. C.; Shimbo, I.; Ino, A.; Faria, O. B. (2006) - Análise das etapas construtivas de uma habitação rural com paredes estruturas em adobe. Caso: Assentamento rural Pirituba II (Itapeva- SP). Florianópolis, SC.

Souza, R. (1996) - Problemas de conservação em construções típicas de minas gerais. BH.

Souza, R. (2008) - A avaliação de desempenho aplicada a novos componentes de sistema construtivos para habitação. Instituto de Pesquisa Tecnológicas – IPT. São Paulo, SP.

Steele, J. (1997) - Na architecture for people. The complete works os Hassan Fathy Thames and Hudson LTD.

U

Uceda, S; Mujica, E; Morales (2004)- Proyecto arqueológico huacadel sol y de laluna - trujillo. Universidad Nacional de Trujillo.

UFC. (2009) - Apostila do Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE.

V

Varum, H. (2007) - Inquérito à produção de adobe, U. A. Universidade de Aveiro.

Viggiano, M. (2001) - Projetando com diretrizes bioclimáticas VI Encontro Nacional sobre conforto. São Pedro.

W

Warren, J. (1999) - Conservation of Earth Structures. Series in Conservation and Museology. Oxford: Butterworth-Heinemann.

ANEXOS

APÊNDICE A – MANUAL DE CONSTRUÇÕES EM ADOBE

Manual de Técnicas Construtivas em Adobe no Ceará



**Ricardo Marinho
Humberto Varum
Alexandre Bertini**

Manual de Técnicas Construtivas em Adobe no Ceará

Ricardo Marinho
Humberto Varum
Alexandre Bertini



2012

Copyright © 2012. Todos os direitos reservados desta edição à NOME DO DONO DO MATERIAL OU EDIÇÃO. Nenhuma parte deste material poderá ser reproduzida, transmitida e gravada, por qualquer meio eletrônico, por fotocópia e outros, sem a prévia autorização, por escrito, dos autores.

INFORMAÇÕES TÉCNICAS

Autores

Ricardo Marinho, Humberto Varum, Alexandre Bertini

Projeto gráfico

Marcos Paulo Rodrigues Nobre

Ilustração

Rafael Dantas

Diagramação

Marcos Paulo Rodrigues Nobre

Capa

Rafael Dantas

SXXX

CARVALHO, Ricardo Marinho de; VARUM, Humberto; BERTINI, Alexandre.
Manual de técnicas construtivas em Adobe.–
Fortaleza: Editora, 2012.
60 f.; 30 cm.
ISBN:85-325-0817-0

Inclui anexo e bibliografia.

1. Cultura popular. I. Título.

CDU XXX.X

Sumário

As vantagens da utilização de Adobe	
na construção de casas	7
O que é Sustentabilidade?.....	7
Seleção da matéria-prima	8
Etapa 1: Retirada da terra	8
Etapa 2: Quarteamento.....	9
Etapa 3: Ensaios expeditos	10
Teste queda da bola	10
Teste da garrafa	11
Teste do cordão	12
Teste da fita	13
Teste da exsudação	14
Teste de resistência seca	15
Fabricação dos moldes.....	16
Moldagem dos blocos Adobe.....	17
Construção.....	20
Execução da fundação	20
Elevação das paredes	21
Esquadrias	22
Instalações hidráulicas	
e elétricas para habitação em Adobe	23
Cobertas	24
Reboco	25
Pintura à cal	27
Referências	29

As vantagens da utilização de Adobe na construção de casas

Não haveria uma forma de construir habitações sem destruir nosso Bioma, nossa Terra, sem a devastação da nossa vegetação e do assoreamento dos rios e poluição ambiental?

A construção em adobe, que significa utilização do tijolo cru, sem queima, pode alcançar excelentes resultados na construção de uma habitação.

A construção em adobe é parte importante de uma atitude sustentável.

O que é Sustentabilidade?

O artigo 225 da Constituição Federal Brasileira diz:

Todos têm direito ao meio-Ambiente ecologicamente equilibrado, bem como seu uso comum pela comunidade é essencial a qualidade de vida impondo-se ao poder público e a coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para o presente e futuras gerações.



Ao longo da última década, o estado do Ceará foi um dos dois estados do Nordeste que mais desmatou, sua mata, a Caatinga. Boa parte do desmatamento vem da transformação da sua mata em lenha para fabricação de tijolos.

8 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

Seleção da matéria-prima

A seleção da matéria-prima é um aspecto muito importante para a construção utilizando-se a técnica de Adobe.

Esse momento é dividido em 3 etapas, a retirada da terra, o quarteamento e os ensaios.

Etapa 1: Retirada da terra



Nem toda terra é adequada ao uso em adobes. Deve-se utilizar terra a cerca de 30cm a 40cm de profundidade, por estar isenta de matéria orgânica.

Sendo necessário tirar uma amostra dessa terra para verificar suas características.

A terra se compõe de:

- Areia
- Silte
- Argila

O percentual de cada um vai indicar ou não a sua adequação ao uso de Adobe.

Mas como tirar uma amostra confiável?



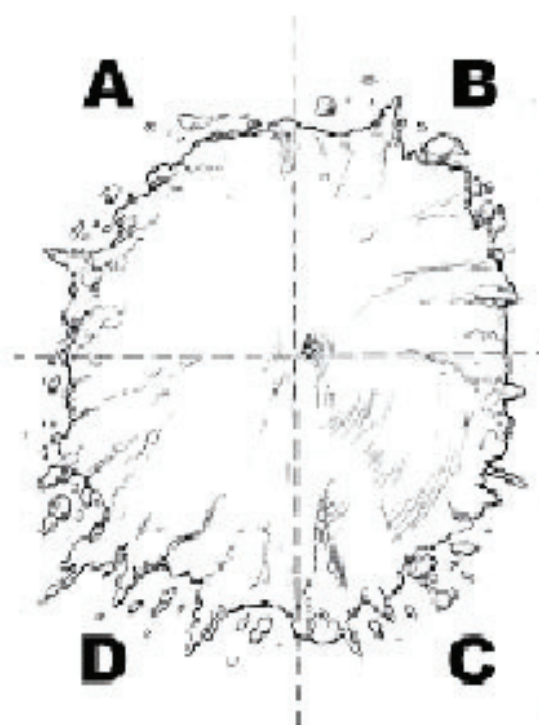
10 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

Etapa 2: Quarteamento



Inicia-se com aproximadamente 30kg de terra, retirada do local determinado a 30 ou 40cm da superfície.

Faz-se um monte em forma de cone e divide-se visualmente em 4 partes iguais, fica-se com duas partes opostas eliminando-se as outras e refazendo o processo até a quantidade desejada.



Etapa 3: Ensaios expeditos

Serão desenvolvidos agora os chamados Ensaios Expeditos, que vão determinar se essa terra é ou não adequada a fabricação de Adobes (Veja na página 16 tabela resumida).



Teste queda da bola

Este teste indica o tipo da terra em função da sua propriedade de coesão e consiste em:

- Tomar uma porção da terra seca;
- Juntar água e fazer uma bola com diâmetro aproximado de 3cm;
- Deixar a bola cair, em queda livre, da altura aproximada de um metro.

Identificar o tipo de terra avaliando a forma de seu espalhamento:

- Terras arenosas espalham-se com esfarelamento (ou desagregação);
- Terras argilosas espalham-se menos e têm maior coesão.



12 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

Teste da garrafa

Este ensaio é feito para verificar o percentual dos tipos de materiais encontrados no solo analisado. Pegue uma garrafa com pelo menos 500mL de volume, podendo ser uma garrafa pet (refrigerante, suco, etc.). Preencha $\frac{1}{4}$ da altura da garrafa com a terra e o restante com água limpa. Vede a tampa da garrafa e agite vigorosamente a mesma. Deixe descansar por 1 hora e em seguida agite novamente.

Agora deixe o conjunto em repouso por 24 horas. Após o repouso, meça a altura de cada camada da terra que se formou na garrafa e com isso calcule o percentual dessas camadas em relação ao total.

A camada mais abaixo corresponde a areia enquanto as camadas superiores correspondem a silte e argila.



Teste do cordão

Este teste avalia a resistência da terra em um determinado estado de umidade e a relaciona com o tipo mais provável de terra. Ele consiste em:



- Tomar uma porção da terra seca e adicionar água até que, rolando sobre uma superfície lisa e plana, seja possível formar um cordão que se quebra com 3mm de diâmetro;

- Formar uma bola da terra e após isso verificar a força necessária para esmagá-la entre o polegar e o indicador;



14 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

Teste da fita

Este teste relaciona a plasticidade com o tipo da terra através do seguinte procedimento:

- Tomar uma porção da terra e, com a mesma umidade do teste do cordão, fazer um cilindro do tamanho de um cigarro;



- Amassar o cilindro de modo a formar uma fita, com 3 mm a 6 mm de espessura e o maior comprimento possível.

Teste da exsudação

Avalia a plasticidade de terra em função da sua capacidade de reter água da seguinte forma:



- Tomar uma porção de terra bastante úmida e colocá-la na palma da mão;

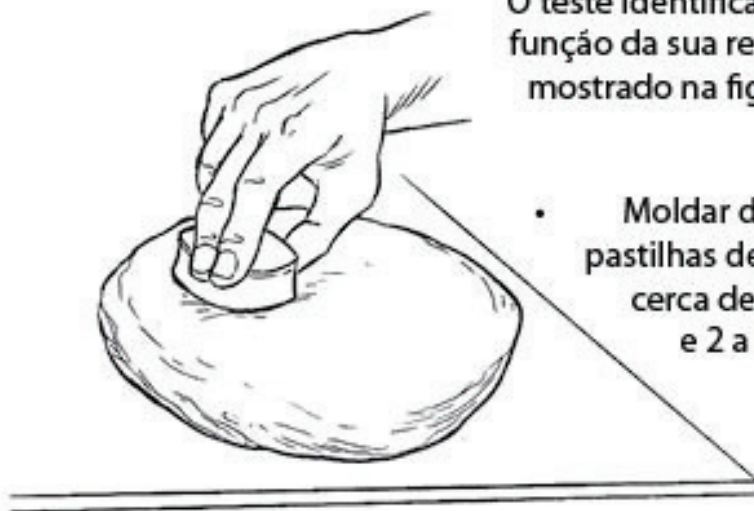
- Golpear esta mão com a outra de modo que a água saia para a superfície da amostra, dando-lhe um aspecto liso e brilhante .



16 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

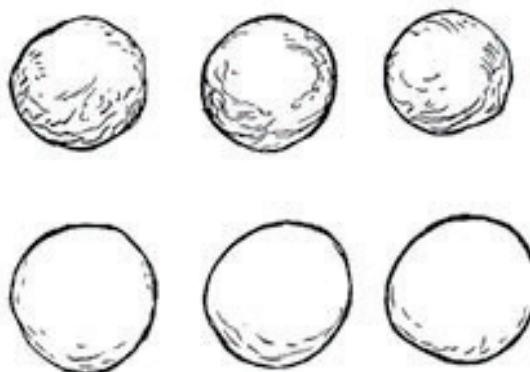
Teste de resistência seca

O teste identifica o tipo da terra em função da sua resistência e, como mostrado na figura consiste em:



- Moldar duas as três pastilhas de terra úmida, com cerca de 1cm de espessura e 2 a 3cm de diâmetro;

- Deixar as pastilhas secarem ao sol por dois ou mais dias;



- Esmagar cada pastilha entre o indicador e o polegar

**Tipo de solo e técnica construtiva indicada
por testes expeditos (CEPED, 1984)**

Teste da fita	Teste de exsudação	Teste de resistência seca	Tipo de terra	Técnica construtiva
Fita curta ou não se consegue fazer a fita	Reação rápida a lenta, mas jamais muito lenta	Fraca a nula, geralmente nula	Arenosa; areno-siltosa; areno-argilosa; silo-argilosa	Tijolo prensado, adobe e terra compactada
Fita curta	Reação lenta a muito lenta	Fraca a media	Siltosa	Utilização mais difícil que as terras anteriores, mas possível com o uso de aglomerante
Fitas curtas a longa	Reação muito lenta ou sem reação	Media a grande	Argilosa com pedregulho argilo-arenosa e argilo-siltosa	Possível usar para a terra compactada ou tijolo prensado, com aglomerante
Fita longa	Sem reação	Grande	Argilosa	Possível usar para fabricação de adobe com adição de fibras e barreamento de técnicas mistas

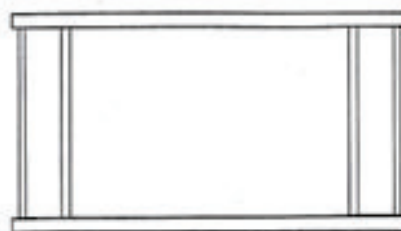
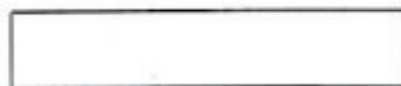
Fonte: CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (1984) -
Thaba Manual de Construção com solo cimento. BNH URBIS.

18 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

Produção dos blocos

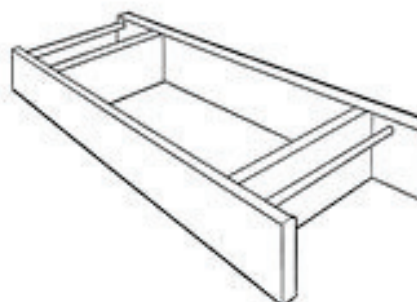
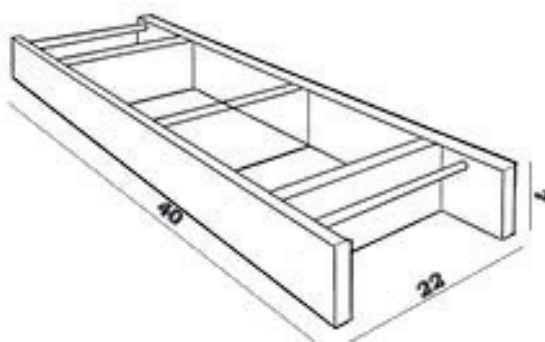
Depois de selecionada a matéria-prima para a produção dos blocos de Adobe vem a etapa de fabricação dos tijolos.

Fabricação dos moldes

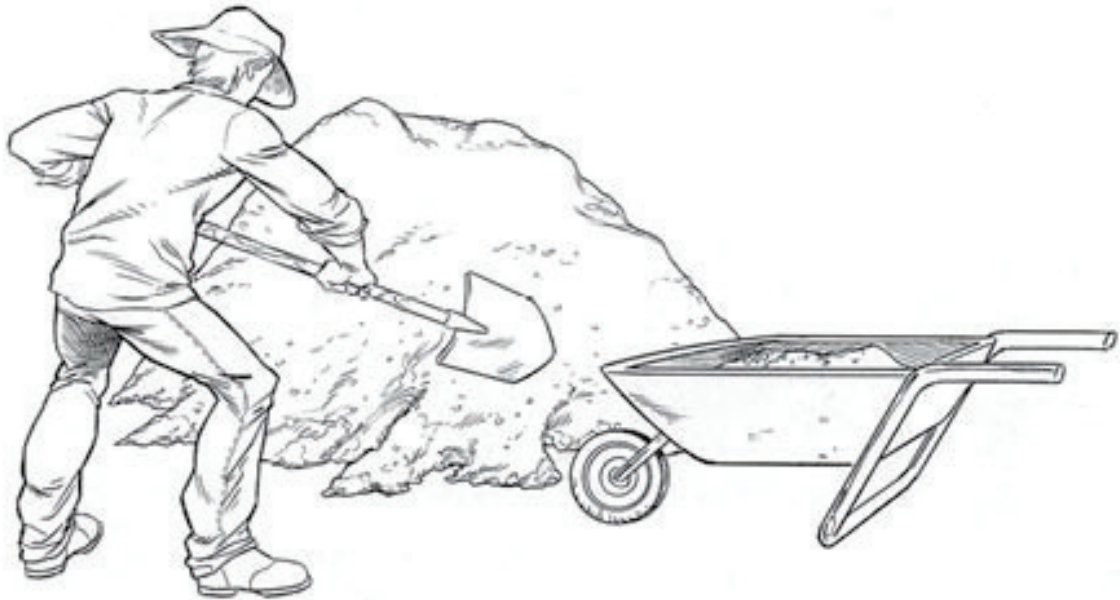


O desenvolvimento das fôrmas se dá de maneira muito simplificada para um Adobe, com madeiras locais ou resíduos de obras convencionais.

Vai se utilizar a medida mais usada na região.



Moldagem dos blocos de Adobe



Após a verificação de adequabilidade para a produção de adobes, essa terra é transportada para ser feito um amassamento com os pés, acrescentando-se água e buscando uma consistência ideal.

As fôrmas são colocadas em lugares planos, com piso regularizado, de preferência perto da obra, podendo-se utilizar uma pá para ajudar a colocar o solo amassado nas fôrmas.

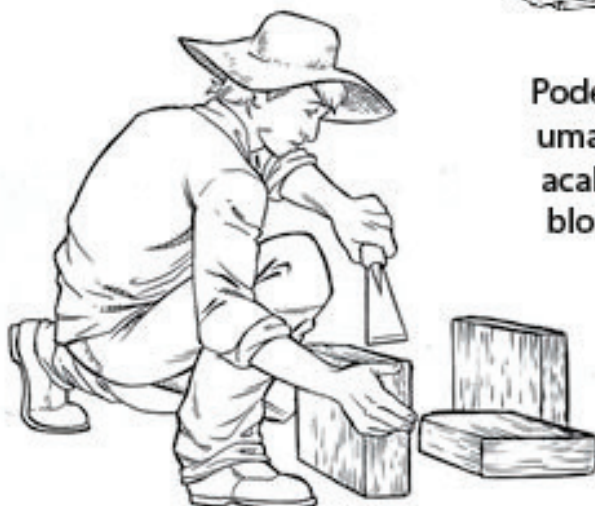


20 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe



Podem ser utilizadas as mãos para preencher a fôrma e dar um melhor acabamento na superfície superior, rente à fôrma.

As fôrmas devem ser retiradas com cuidado, de modo a não danificar os blocos.



Pode-se usar uma espátula para dar melhor acabamento nas arestas dos blocos desmoldados.

Produção dos Tijolos 21



As fôrmas devem ser limpas para voltarem a ser utilizadas, não deixando resíduos de argila agregados a ela.

Para verificar se os blocos estão completamente secos, deve utilizar-se um objeto perfurante, podendo ser um canivete ou uma faca, e pode fazer-se um furo para visualizar o seu interior, observando se está completamente seco.

Em seguida os blocos deverão ser armazenados em local protegido de chuvas e outros eventuais intempéries que possam ocorrer.



22 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

Construção

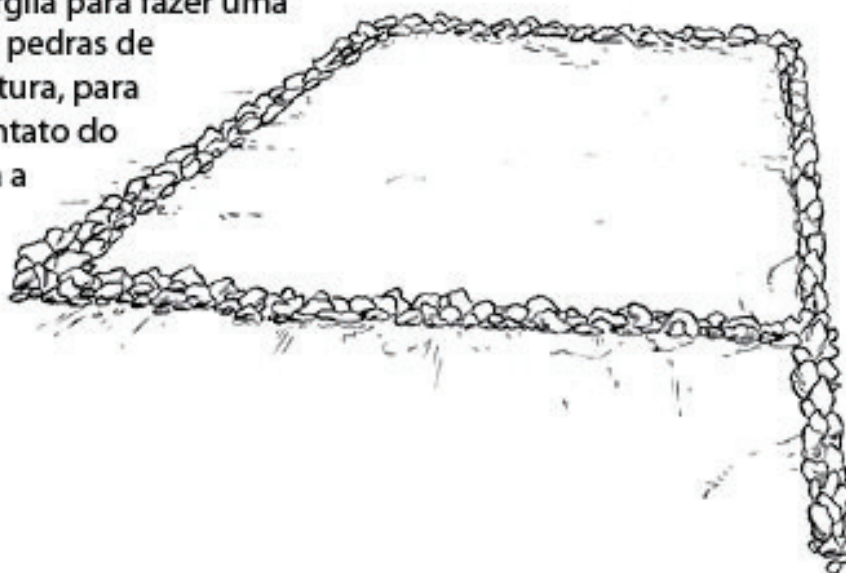
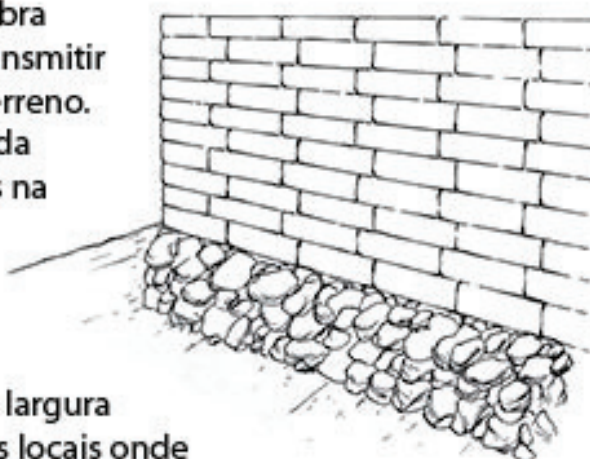
Depois de produzidos os blocos é o momento de construir a casa. Os próximos passos ensinam como construir a casa.

Execução da fundação

A fundação é o sistema da obra que será responsável por transmitir as cargas da edificação ao terreno. Esta será feita dependendo da disponibilidade de materiais na localidade em que a obra será realizada.

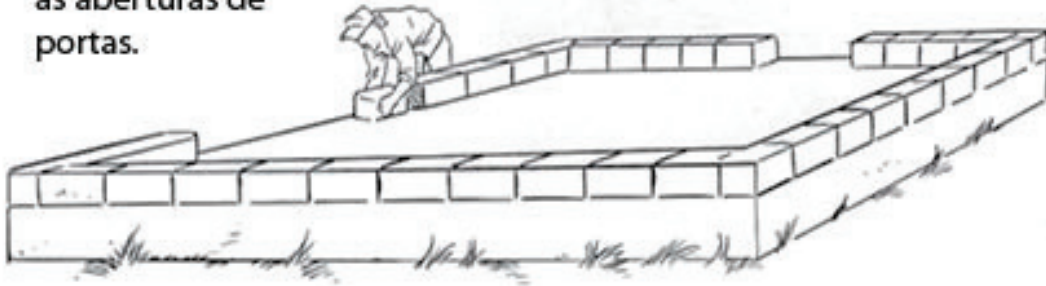
Como fazer:

Escava-se a vala de 40cm de largura e 50cm de profundidade nos locais onde existirem paredes de adobe. Socam-se as pedras na vala até atingir o topo do terreno. Acima do terreno, utiliza-se argila para fazer uma camada de pedras de 30cm de altura, para evitar o contato do adobe com a umidade do solo.



Elevação das paredes

A massa utilizada no assentamento dos blocos deve ser a mesma utilizada em sua fabricação, sendo constituída de terra. Deve assentar-se a primeira fiada de adobe diretamente sobre a fundação. Deve executar-se a 1ª fiada levando em consideração as aberturas de portas.



Devem-se utilizar-se ferramentas específicas (linhas, prumo, esquadro) para garantir o prumo e o esquadro das paredes.



Assentam-se os tijolos construindo assim as paredes de acordo com o projeto arquitetônico, executando os cantos no nível e esquadro. O processo de elevação das paredes de adobe é similar ao de paredes de tijolo cerâmico, sendo as amarrações feitas de forma semelhante. É interessante fazer a impermeabilização na parede nos primeiros 0,30m internos e externos.

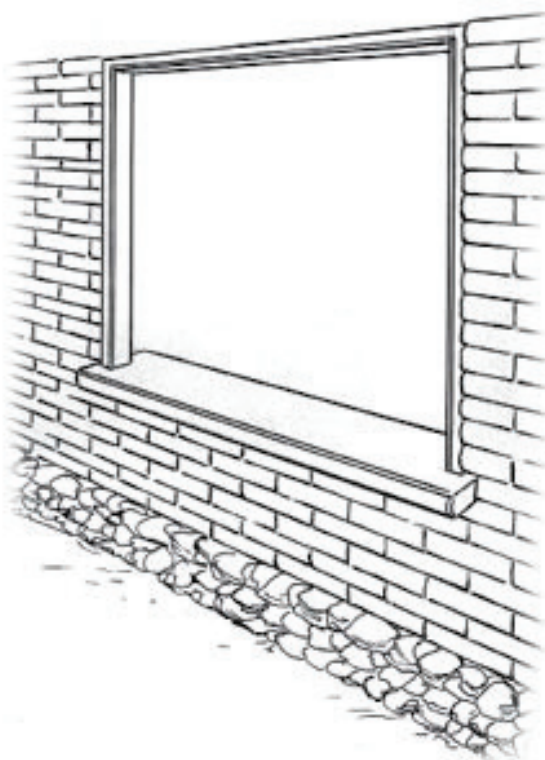
24 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

Devem-se molhar superficialmente os adobes para que eles não “puxem” a água da argamassa (reduzindo o risco de fissuração da massa de assentamento).

Deve-se assentar o adobe do lado contrário ao que ele foi produzido, fazendo com que seu abaulamento central fique para baixo, regularizado pela argamassa de assentamento, e chapiscar, interna e externamente, os primeiros 30cm das fiadas de adobe, com argamassa acrescida de impermeabilizante, para tentar reduzir a ação da chuva nas paredes.

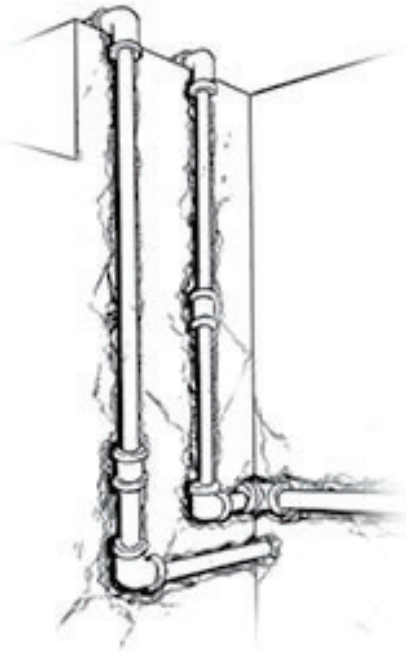
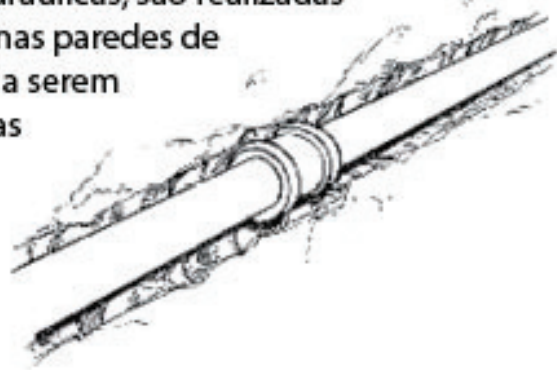
Esquadrias

Na elevação das paredes, deixe os vãos livres onde existirem portas ou janelas, de acordo com o projeto de arquitetura. Em cima desses vãos faça uma verga de madeira, podendo ser de barrote, mas de preferência de linha maçaranduba, para evitar fissuras devido às aberturas. A verga deve ter um tamanho no qual passe 30cm nas laterais da esquadria. Faça essa verga em todas as esquadrias.



Instalações Hidráulicas e Elétricas para Habitação em Adobe

Na execução das instalações hidráulicas, são realizadas as seguintes atividades: rasgos nas paredes de adobe; apresentação das peças a serem utilizadas e o funcionamento das instalações; corte e colagem dos tubos, nas medidas especificadas; teste de vazamento da tubulação já instalada.

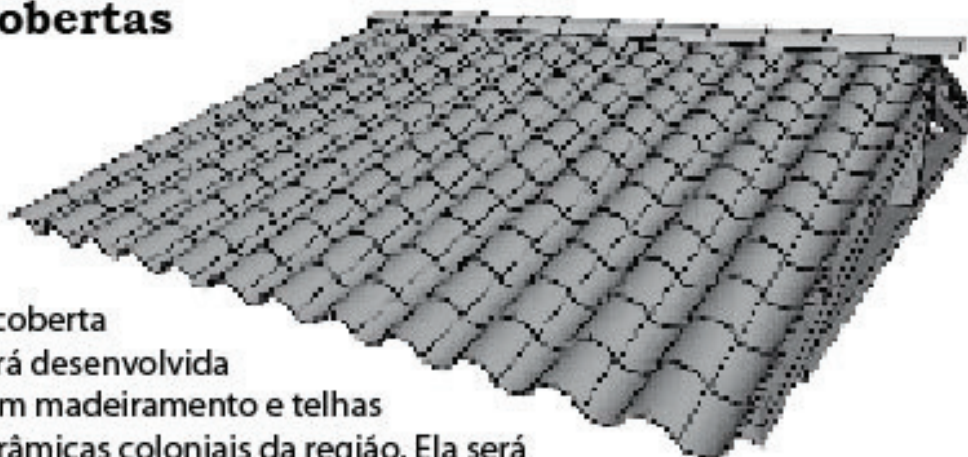


Como se trata de parede de adobe, ocorrem alguns fatos diferentes em relação à execução de instalações hidráulicas em alvenaria convencional, como por exemplo:

- Demora em fazer os rasgos, pelo fato de ter que tirar terra, por isso é melhor não rasgar além do necessário para se instalar a tubulação. Depois, os rasgos serão preenchidos com argamassa de cimento, que é diferente em relação à composição do adobe;
- Para fazer furos que atravessem a parede, utiliza-se uma serra-copo, facilitando o trabalho, tendo em vista que o adobe é um tijolo maciço;
- O uso constante do martelo para fazer os rasgos faz com que a parede vibre e provoca perda de aderência da junta dos adobes .

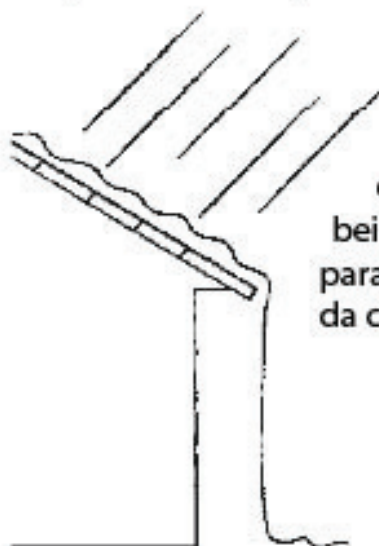
26 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

Cobertas



A coberta será desenvolvida com madeiramento e telhas cerâmicas coloniais da região. Ela será dividida entre ripas, caibros e terças, e são detalhados segundo a definição de Logsdon (2002) e segundo o esquema da trama de telhado.

Pode-se ainda seguir regras básicas para melhoria da qualidade nessas cobertas, a adoção de uma montagem de telhado, respeitando a direção dos ventos dominantes.

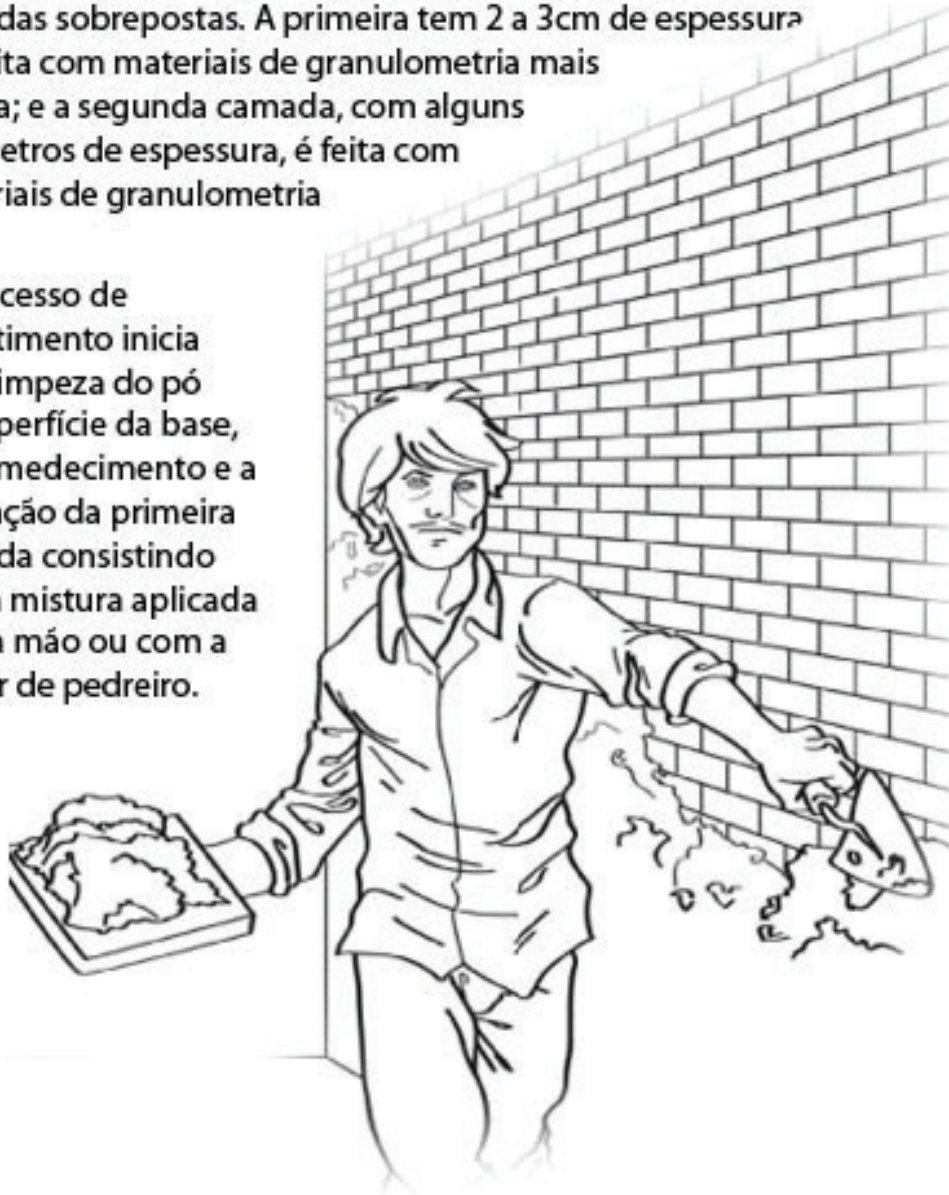


Outro detalhe relevante deve ser um aumento da dimensão do beiral, e utilização de calhas se necessário, para proteção da parede de adobe da água da chuva.

Reboco

Tanto os revestimentos de terra como os das misturas de cal e areia são feitos mediante a sobreposição de camadas em estado plástico, que variam em espessura e proporção relativas aos seus ingredientes e que se mantenham aderidas às paredes. O princípio geral consiste na aplicação de pelo menos duas camadas sobrepostas. A primeira tem 2 a 3cm de espessura e é feita com materiais de granulometria mais grossa; e a segunda camada, com alguns milímetros de espessura, é feita com materiais de granulometria fina.

O processo de revestimento inicia pela limpeza do pó na superfície da base, seu umedecimento e a aplicação da primeira camada consistindo numa mistura aplicada com a mão ou com a colher de pedreiro.



28 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

A segunda camada tem poucos milímetros e é aplicada sobre a anterior também umedecida.

A argamassa de cal e areia também se inicia com o peneiramento da areia, seguido da adição da cal (em pó ou pasta), o umedecimento progressivo, a mistura e o

repouso. A areia

para a primeira camada

deve passar por uma peneira com

abertura de malha de 5mm e

misturada em uma proporção

de 3 volumes de areia por 1

volume de cal. Para a camada

final, a areia deve passar por uma

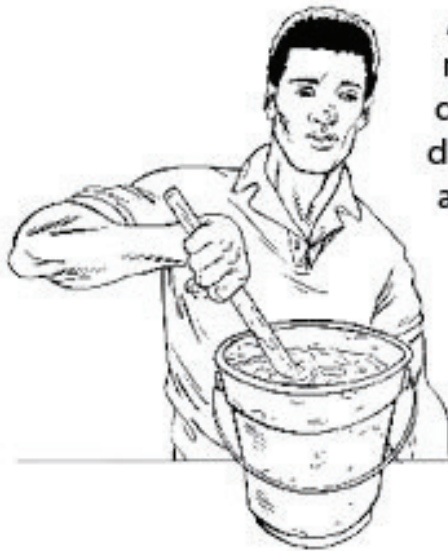
peneira de 2mm e ser misturada

em uma proporção de 2 volumes

de areia por 1 volume de cal.



Pintura à cal



A pintura à cal tem grande utilidade na proteção final das paredes de adobe. Ela pode ser aplicada diretamente sobre a superfície de adobe ou sobre os seus rebocos e, em ambos os casos, apresenta notáveis qualidades para sua proteção à ação da chuva e da abrasão física.

Diferente das tintas comerciais que são fabricadas a partir de polímeros vinílicos ou acrílicos, a pintura à cal não sela as superfícies, permitindo

a troca natural de ar e vapor de água entre a parede de terra e o meio envolvente. Além disso, a alcalinidade da cal é também eficaz para eliminar fungos e bactérias patogênicas e inibir o desenvolvimento de colônias de insetos nas estruturas.

A base desta pintura é o hidróxido de cálcio que, com adequado nível de hidratação, se mistura com pigmentos naturais.

Ao aplicar esta mistura nas paredes, os pigmentos formam uma estrutura cristalina que em contato com o ar absorve CO_2 e perde água, transformando-se em carbonato de cálcio $[\text{CaCO}_3]$, uma substância insolúvel em água. Deste modo obtêm-se superfícies



30 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe

que podem manter sua cor e resistência durante séculos, além de conservar as qualidades de controle higrotérmico que caracterizam as edificações de terra.

Referências

- CEPED (1984), thaba, Manual de construção com solo cimento.
- Lengen, Johan (2009), Manual do arquiteto descalço ed. empório do livro São Paulo.
- Latina, stella (2003), Cartilla de divulgación de tecnologia de tierra cruda.
- Neves, C&Faria, O.B. (2008) Programa Interlaboratorial PROTERRA, ensaios de adobe, terrabrasil 2008.
- Neves, C&Faria, O.B. (2008), Oficinas de terra, apostila UEMA São Luís 2008.

32 Manual de Técnicas Construtivas em Adobe



APÊNDICE B – CURVAS GRANULOMÉTRICAS

TABELA PARA DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA DO SOLO – AMOSTRA ALCANTARAS 1

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO									
Com dispersor e Com defloculante									
AMOSTRA ALCANTARAS 1					AMOSTRA 1 - CINZA				
UMIDADE DA SEDIMENTAÇÃO					RESUMO DA SEDIMENTAÇÃO (%)				
CAPSULA No.	25				PEDREGULHO	ACIMA DE 4,8	mm	0	
PESO BRUTO UMIDO(g)	66,06				AREIA GROSSA	4,8 - 2,00	mm	4	
PESO BRUTO SECO(g)	65,54				AREIA MÉDIA	2,00 - 0,42	mm	22	
PESO DA CAPSULA(g)	12,60				AREIA FINA	0,42 - 0,075	mm	28	
PESO DA ÁGUA(g)	0,55				SILTE	0,075 - 0,005	mm	27	
PESO DO SOLO SECO(g)	52,94				ARGILA	ABAIXO DE 0,005	mm	19	
UMIDADE(%)	5,84				ARGILA COLOIDAL	ABAIXO DE 0,001	mm	100	
AMOSTRA SECA					PENEIRAMENTO DO SOLO GRAUADO				
AM. TOTAL ALMPARC					PENEIRA				
					POLEGADA	mm	PESO(g)	PASSA	% PASSA
CAPSULA No.	1	2			2"	50,80	5,50	890,13	100
PESO SOLO UMIDO(g)	1000,00	100,00			1 1/2"	38,10	5,50	890,13	100
PESO PEDREGULHO(g)	40,83				1"	25,40	5,50	890,13	100
P.S. MIÚDO UMIDO(g)	959,17				3/4"	19,10	5,50	890,13	100
P.S. MIÚDO SECO(g)	949,20				1/2"	12,7	5,50	890,13	100
P. AMOSTRA SECA(g)	890,13	90,97			3/8"	9,52	5,50	890,13	100
CTE. DO FATOR K	-	1,619			No. 4	4,75	5,15	889,98	100
DENSIDADE A 20 °C	2,49				No. 10	2,00	40,68	849,38	98
					PENEIRAMENTO DO SOLO MIÚDO				
					POLEGADA	mm	PESO(g)	PASSA	% PASSA
									AM. TOTAL
					No. 10	2,00	5,50	93,47	91
					No. 30	0,590	9,10	84,37	82
					No. 40	0,425	8,01	78,31	74
					No. 50	0,300	7,41	69,28	67
					No. 100	0,149	10,58	58,62	57
					No. 200	0,075	11,18	47,44	46
SEDIMENTAÇÃO									
DENSÍMETRO No. 1					PROVETA No. 1				
TEMPO DECORRIDO (s)	LEITURA (L)	TEMPERATURA (°C)	CORREC. MEIO DISPERSOR	LEITURA CORRIGIDA	ALT. DE QUITA (cm)	LEIT. COR. FINAL	% d. DOS GRAOS	% d. AM. TOTAL (Q)	
30	16,00	27,00	1,62	14,38	15,23	15,58	0,0184	25	
60	16,00	27,00	1,62	14,38	15,23	15,58	0,0166	23	
120	16,00	27,00	1,62	14,38	15,23	15,58	0,0158	23	
240	16,00	27,00	1,62	14,38	14,32	15,58	0,0143	25	
480	16,00	27,00	1,62	14,38	14,32	15,58	0,0173	25	
800	14,00	27,00	1,62	12,76	14,06	12,50	0,0128	22	
1800	13,00	27,00	1,62	11,76	14,34	12,50	0,0091	20	
3600	12,00	27,00	1,62	10,76	15,01	11,58	0,0065	10	
7200	12,00	27,00	1,62	10,76	15,01	11,58	0,0046	19	
14400	11,00	27,00	1,62	9,76	15,18	10,58	0,0033	17	
28800	10,00	27,00	1,62	8,76	15,36	9,58	0,0023	16	
16400	9,00	27,00	1,62	7,76	15,53	8,58	0,0013	14	

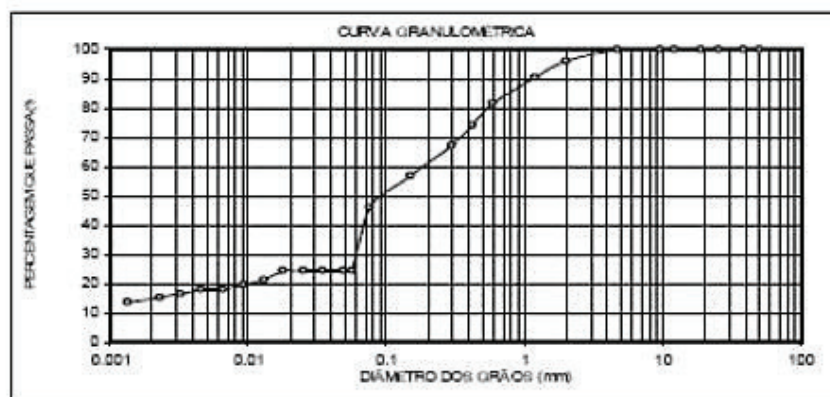


TABELA PARA DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA DO SOLO – AMOSTRA ALCANTARAS 2

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO																																																																															
Com dispersante e Com defloculante																																																																															
AMOSTRA ALCANTARAS 1					AMOSTRA 1 - VERMELHA																																																																										
UNIDADE DA SEDIMENTAÇÃO					RESUMO DA SEDIMENTAÇÃO (%)																																																																										
CAPSULA No.					PEDREGULHO					ACIMA DE 4,8					mm					0																																																											
PESO BRUTO ÚMIDO(g)					49,88					AREIA GROSSA					4,8 - 2,60					mm					9																																																						
PESO BRUTO SECO(g)					49,49					AREIA MÉDIA					2,00 - 0,42					mm					23																																																						
PESO DA CAPSULA(g)					13,11					AREIA FINA					0,42 - 0,075					mm					18																																																						
PESO DA ÁGUA(g)					0,39					SILTE					0,075 - 0,005					mm					27																																																						
PESO DO SOLO SECO(g)					36,38					ARGILA					ABAIXO DE 0,005					mm					24																																																						
UNIDADE(%)					1,07					ARGILA COLOIDAL					ABAIXO DE 0,001					mm					20,8																																																						
AMOSTRA SECA					FENEIRAMENTO DO SOLO GRAUZO																																																																										
AM. TOTAL AMPARC.										PENEIRA					PESO(g)					PESO(g)					% PASSA																																																						
										POLEG. mm					RETIDO					PASSA					AM. TOTAL																																																						
CAPSULA No.					1 2					2"					30,80					0,00					990,32					100																																																	
PESO SOLO ÚMIDO(g)					1800,00 100,00					1 1/2"					38,10					0,00					990,32					100																																																	
PESO PEDREG.(g)					87,67					1"					25,40					0,00					990,32					100																																																	
P.S. ÚMIDO ÚMIDO(g)					912,33					3/4"					19,10					0,00					990,32					100																																																	
P.S. ÚMIDO SECO(g)					902,65					1/2"					12,27					0,00					990,32					100																																																	
P. AMOSTRA SECA(g)					990,32 98,94					3/8"					9,52					0,00					990,32					100																																																	
CTE. DO FATOR K					-					No. 4					4,76					0,55					989,77					100																																																	
DENSIDADE A 25 °C					2,53					No. 10					2,00					87,12					902,65					91																																																	
FENEIRAMENTO DO SOLO MIÚDO																																																																															
PENEIRA										PESO(g)										PESO(g)										% PASSA																																																	
POLEGAD/ mm										RETIDO										PASSA										AM. TOTAL																																																	
No. 16										1,190										8,74										91,30										85																																							
No. 30										0,590										12,13										80,07										74																																							
No. 40										0,420										5,71										74,36										69																																							
No. 50										0,297										3,80										70,56										65																																							
No. 100										0,149										6,13										64,43										59																																							
No. 200										0,075										9,48										54,95										51																																							
SEDIMENTAÇÃO																																																																															
DENSÍMETRO No.: 1										PROVETA No.: 1																																																																					
TEMPO DECORRIDO										LEITURA TEMPERA' CORREC.										LEITURA CORRIGIDA										ALT. DE QUEDA										LEIT. COR.										"d" DOS GRAUS										% <d AM. TOTAL(Q)																			
=										DISPERSOR										(cm)										FONAL										(mm)																																							
30										21,00 27,00										1,62										10,38										14,37										20,58										0,0560										31									
60										20,00 27,00										1,62										18,38										14,54										19,58										0,0488										30									
120										20,00 27,00										1,62										18,38										14,54										19,58										0,0345										30									
240										19,00 27,00										1,62										17,38										18,80										18,58										0,0338										28									
480										18,00 27,00										1,62										16,38										13,97										17,58										0,0169										27									
900										18,00 27,00										1,62										16,38										13,97										17,58										0,0123										27									
1800										18,00 27,00										1,62										16,38										13,97										17,58										0,0087										27									
3600										17,00 27,00										1,62										12,38										14,34										16,58										0,0062										25									
7200										16,00 27,00										1,62										14,38										14,32										13,58										0,0044										24									
14400										14,00 27,00										1,62										12,38										14,00										13,58										0,0032										21									
28800										13,00 27,00										1,62										11,38										14,84										12,58										0,0022										19									
56400										12,00 27,00										1,62										10,38										15,01										11,58										0,0013										18									

TABELA PARA DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA DO SOLO - AMOSTRA COREAÚ

ANALISE GRANULOMÉTRICA POR SEDIMENTAÇÃO
Com dispersor e Com defloculante

UNIDADE DA SEDIMENTAÇÃO			RESUMO DA SEDIMENTAÇÃO			(%)	
CAPSULA No.	2		PEDREGULHO	ACIMA DE 4,8	mm	1	
PESO BRUTO UMIDO(g)	115,32		AREIA GROSSA	4,8 - 2,00	mm	3	
PESO BRUTO SECO(g)	114,29		AREIA MÉDIA	2,00 - 0,42	mm	5	
PESO DA CAPSULA(g)	13,74		AREIA FINA	0,42 - 0,074	mm	25	
PESO DA ÁGUA(g)	4,42		ILITE	0,074 - 0,005	mm	40	
PESO DO SOLO SECO(g)	100,46		ARGILA	ABAIXO DE 0,005	mm	26	
UMIDADE(%)	1,11		ARGILA COLoidal	ABAIXO DE 0,001	mm	mm	
AMOSTRA SECA			FENEIRAMENTO DO SOLO GRAUZO				
CAPSULA No.	AM TOTAL	AM PARC.	PENEIRA		PESO(g)	% PASSA	
			POLEG.	mm	RETIDO		PASSA
CAPSULA No.	1	2	2"	50,80	0,00	999,41	100
PESO SOLO UMIDO(g)	1000,00	100,00	1 1/2"	38,10	0,00	999,41	100
PESO PEDREG (g)	39,32		1"	23,40	0,00	999,41	100
P.S. UMIDO UMIDO(g)	960,68	-	3/4"	19,10	0,00	999,41	100
P.S. UMIDO SECO(g)	958,09	-	1/2"	12,27	0,00	999,41	100
P. AMOSTRA SECA(g)	959,41	99,90	3/8"	9,52	0,00	999,41	100
CTE DO FATOR K	-	1,010	No. 4	4,76	8,76	990,65	99
DENSIDADE A 20°C		2,52	No. 10	2,00	18,56	930,09	96
FENEIRAMENTO DO SOLO MIÚDO							
PENEIRA		PESO(g)	PESO(g)	% PASSA			
POLEGADA	mm	RETIDO	PASSA	AM TOTAL			
No. 10	1,99	1,47	97,43	93			
No. 20	0,75	2,20	95,23	92			
No. 40	0,425	1,07	94,16	91			
No. 60	0,25	1,72	92,44	90			
No. 100	0,149	5,06	97,38	85			
No. 200	0,075	19,14	88,24	66			
SEDIMENTAÇÃO							
DENSÍMETRO No. 1				PROVETA No. 1			
TEMPO DECOFUNDIDO	LEITURA (L)	TEMPERAT. (°C)	CORREC. MEIO DISPERSOR	LEITURA CORRIGIDA	ALT. DE QUEDA (cm)	LEIT. COR. FINAL	% de AM. GRAOS TOTAL(Q)
30	21,00	27,30	1,62	14,37	15,23	15,57	0,0178
60	20,00	27,30	1,62	14,34	15,38	15,74	0,0306
120	16,00	27,30	1,62	15,23	15,75	16,43	0,0340
240	14,00	27,30	1,62	14,66	15,01	15,88	0,0249
480	14,00	27,30	1,62	14,66	15,01	15,86	0,0176
900	13,00	27,30	1,62	14,84	15,18	16,24	0,0129
1800	12,00	27,30	1,62	15,01	15,18	16,21	0,0091
3600	11,00	27,30	1,62	15,18	15,36	16,38	0,0060
7200	11,00	27,30	1,62	15,18	15,53	16,38	0,0048
14400	9,00	27,30	1,62	15,53	15,70	16,73	0,0033
28800	9,00	27,30	1,62	15,53	16,74	16,73	0,0024
86400	9,00	27,30	1,62	15,53	16,74	16,73	0,0014

